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»

70-летию
Великой Победы
посвящается

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

Материалы
Региональной научно-технической конференции

Том 2

ИЗДАТЕЛЬСТВО
МГТУ
им. Н. Э. Баумана
Калуга 2015

УДК 378:001.891
ББК 74.58:72
Н34

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. Малышев, 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

Н34 **Наукоемкие технологии в приборо- и машиностроении и развитие инновационной деятельности в вузе:** материалы региональной научно-технической конференции, 21–23 апреля 2015 г. Т. 2. – Калуга: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. – 344 с.

ISBN 978-5-7038-4163-1 (т. 2)
ISBN 978-5-7038-4161-7

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

ISBN 978-5-7038-4163-1 (т. 2)
ISBN 978-5-7038-4161-7

© Коллектив авторов, 2015
© Калужский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана
© Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015

СЕКЦИЯ 7.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И КОМПЛЕКСАХ

А.И. Пономарев, В.Н.Сидоров, С.Б. Ванюшин

АНАЛИЗ ГЛАВНЫХ КАЧЕСТВ ПРЕДПУСКОВЫХ ЖИДКОСТНЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ

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

В условиях сурового зимнего климата нашей страны актуальна проблема затрудненного запуска двигателя при отрицательных температурах. Эта ситуация возможна и для автомобиля Пежо 408.

К главным причинам затрудненного зимнего запуска двигателя внутреннего сгорания относятся:

- рост крутящего момента сопротивления вращению коленчатого вала двигателя;
- уменьшение мощности стартера из-за снижения емкости аккумуляторной батареи;
- меньшая испаряемость топлива и ухудшение смесеобразования;
- увеличение требуемой пусковой частоты вращения коленчатого вала;
- увеличивается расход топлива.

Действие этих причин при отрицательной наружной температуре проявляется одновременно, затрудняя весь процесс запуска. Многолетний опыт эксплуатации показывает, что при температуре -18 °С емкость аккумуляторной батареи (АКБ) составляет от первоначальной 40 %, а сопротивление крутящему моменту возрастает на 210 %.

Образование нормальной горючей смеси в двигателе оказывает большое влияние на успешность его запуска.

Качество воздушно-топливной смеси зависит от испаряемости топлива, т.е. от способности топлива переходить из жидкого состояния в газообразное. Испарение бензинового топлива происходит в основном в интервале от 35 °С до 200 °С.

Испаряются легкие фракции бензина, которые нужны в период пуска холодного двигателя. В качественном бензине их содержание должно быть ограничено, поскольку большее их количество в горячем двигателе приведет к образованию в топливной системе паровых пробок, вызывающих перебои в работе двигателя. В связи с этим предусмотрен «зимний» бензин, у которого испаряемость почти в три раза выше «летнего», что должно обеспечивать надежный запуск при -15-20 °С. Но применять «зимний» бензин при +5 °С и выше не следует из-за возможности образования паровых пробок. С «летним» сортом бензина запуск двигателя уже затруднен при -5 °С. Поступающая в двигатель топливная смесь в рабочем режиме, когда двигатель уже прогрет, дополнительно еще подогревается во впускном коллекторе горячей охлаждающей жидкостью.

При пуске впускной коллектор так же холоден, как и сам двигатель. В холодном двигателе при запуске топливо конденсируется на стенках цилиндров, смывая масляную пленку и увеличивая износ деталей цилиндро-поршневой группы. Каждый холодный старт двигателя (т. е. запуск при температуре ниже +5 °С) сокращает его ресурс на 400-600 км. [2]

На рис. 1 [1] указан пробег автомобиля (км) без предпускового жидкостного подогревателя (1) и с установленным подогревателем (2).

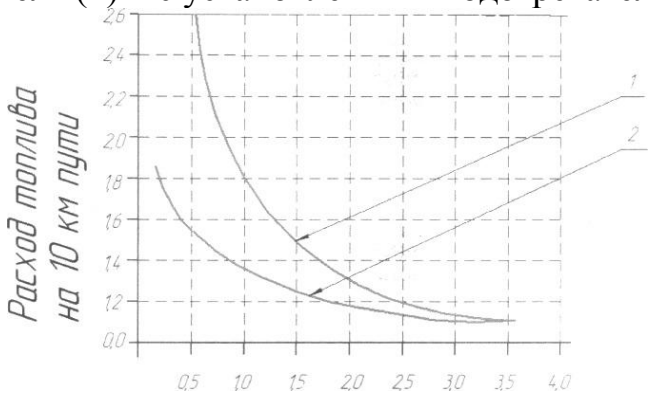


Рис. 1

Для увеличения ресурса работы двигателя применяются предпусковые жидкостные подогреватели.

Основные преимущества при установке подогревателя

- двигатель прогрет и легко заводится, снижая потребление топлива, общую нагрузку на аккумулятор, износ двигателя и объем вредных выбросов;
- прогревается салон автомобиля;
- легкий и надежный пуск холодного двигателя с 1-2 попыток, сокращение времени прокрутки стартера в несколько раз;
- сокращение времени прогрева двигателя до 40 °С более чем в 4 раза;
- снижение пускового тока стартера до стандартного летнего значения;
- повышение частоты вращения коленчатого вала;
- снижение вредных выбросов автомобиля

Подогреватель производит пуск необходимых процессов согласно рис. 2 [1].

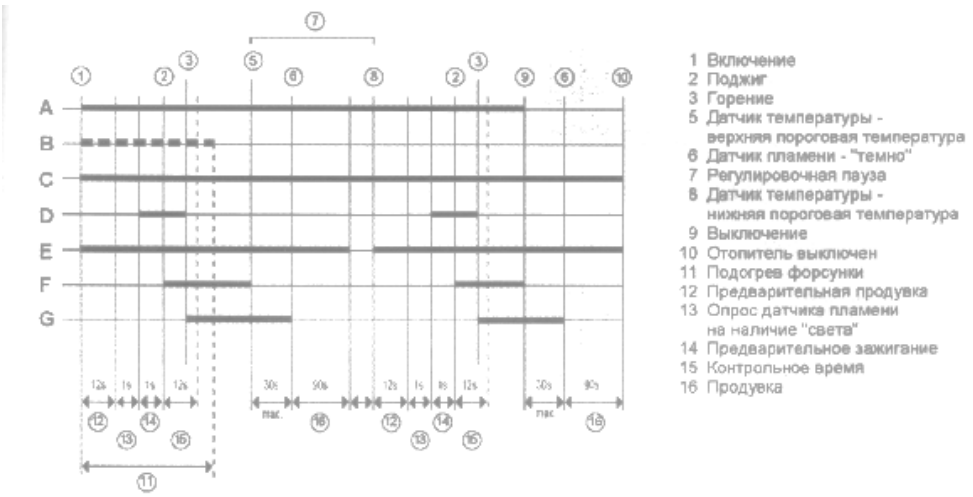


Рис. 2

Принцип действия подогревателя основан на разогреве жидкости в системе охлаждения двигателя, принудительно прокачиваемой через теплообменную систему нагревателя.

Для разогрева жидкости в качестве источника тепла используются газы от сгорания топливо - воздушной смеси в камере сгорания. Тепло через стенки теплообменника передается охлаждающей жидкости, которая прокачивается через систему охлаждения двигателя автомобиля.

По заданной программе происходит предварительная продувка камеры сгорания и разогрев до необходимой температуры свечи накаливания (свеча включается на 90 сек). Затем, по той же программе начинает подаваться топливо и воздух. В камере сгорания начинается процесс горения. Контроль над горением топливо - воздушной смеси в камере сгорания осуществляется индикатором пламени. Горячие газы нагревают стенки теплообменника, которые с внешней стороны нагревают протекающую жидкость системы охлаждения двигателя. Нагретая рабочая жидкость, прокачиваемая циркуляционным насосом, обеспечивает разогрев двигателя автомобиля. Всеми процессами при работе подогревателя управляет блок управления. Блок управления осуществляет контроль температуры охлаждающей жидкости и в зависимости от ее величины устанавливает режимы работы подогревателя: «полный», «малый» или «остывания».

На режиме «полный» охлаждающая жидкость нагревается до 74 °С, а при нагреве свыше 75 °С переходит на режим «малый». На режиме «малый» охлаждающая жидкость нагревается до 84 °С и при нагреве свыше 85°С переходит на режим «остывания». На режиме «остывания» прекращается процесс горения, продолжается работа помпы и обогрев салона автомобиля. При охлаждении жидкости ниже 70 °С подогреватель автоматически включается вновь на режим «полный».

Продолжительность полного цикла работы составляет 40-45 минут. Кроме того, имеется возможность выключить подогреватель в любой момент цикла.

При подаче команды на выключение подогревателя вручную или автоматически по истечению 40-45 минут прекращается подача топлива, и производится продувка камеры сгорания воздухом.

Таким образом, одну из важных задач адаптации автомобиля Пежо 408 к российским зимним условиям мы можем решить путем установки предпускового подогревателя.

Список использованных источников:

[1]. Першин, В.А. Типаж и техническая эксплуатация оборудований предприятий автосервиса / В.А. Першин, А.Н. Ременцов – Ростов-на-Дону: Феникс, 2008.

[2]. Кузнецов, Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей. - М.: Наука, 2001.

[3]. Системы впрыска. Системы современного автомобиля. URL: http://systemsauto.ru/feeding/feeding.html

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

Сидоров Владимир Николаевич - д-р техн. наук, заведующий кафедрой КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: sidorov-kaluga@yandex.ru.

Ванюшин Сергей Борисович – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: sergey93@post.ru.

Н.Н. Тимофеева, А.И. Пономарев

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ СЕПАРАТОРОВ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ ИЗ ВОРОХА КАРТОФЕЛЯ

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

Одна из наиболее трудоёмких операций послеуборочной обработки картофеля и овощей, поступающих на стационарные сортировочные пункты или сортировочно-отделительные линии послеуборочных машин, является отделение качественной продукции от комков, камней и других примесей и от некондиционных клубней. Отделение может осуществляться вручную на переборочных столах, механическими устройствами (отделителями) и автоматическими электронными устройствами.

Для создания рабочих органов машин, обладающих наибольшей надёжностью и разделяющих с высоким качеством массу, поступающих от уборочных машин, на отдельные компоненты, в настоящее время проводится работа в двух основных направлениях. Одно направление является созданием рабочих органов на основе механических способов отделения клубней картофеля от камней и комков почвы. При этом учитывают форму и упругость разделяемых тел, коэффициент трения, сопротивление перекатыванию и т.д.

Механические способы отделения клубней картофеля от камней и комков почвы отличаются прочностью, но не позволяют полностью выделять картофель из общей массы. Устройства, реализующие эти способы, лишь частично механизируют процесс. Для повышения эффективности работы таких устройств используют различные сочетания свойств разделяемых тел. Среди таких устройств можно отметить горки, сепарирующие рабочие органы, переборочные столы, щётки, отражатели различных типов и др., которые реализуются, например, в сепараторе марки КСТ-1,4.

Другим направлением является создание устройств для выделения клубней картофеля на основании различия физических свойств. Например, клубни картофеля резко отличаются от примесей по цвету, плотности, удельному весу, диэлектрической проницаемости, влажности и по ряду других свойств.

Основными примесями клубней картофеля при их послеуборочной обработке являются мелкие частицы почвы различной влажности, почвенные камки, камни и растительные остатки, некондиционные клубни. Некондиционными считаются клубни и плоды с различными повреждениями, порезами и гнилью. Для определения названых примесей и некондиции от основной массы клубней существуют различные рабочие органы. В таблице приведены рабочие органы, наиболее широко используемые при послеуборочной обработке картофеля.

Рис. 1

Основными параметрами, определяющими работу отделителей различных примесей, является производительность, степень отделения примесей и повреждение продукции. В зависимости от вида продукта и вида примесей первые два показателя определяются для каждого вида устройства.

Повреждения, наносимые обрабатываемому продукту, например картофелю, определяются двумя, называемыми факторами механической нагрузки и чувствительностью к повреждениям сельскохозяйственного продукта. Повреждения возникают при значительных относительных скоростях обрабатываемых продуктов и элементов рабочей поверхности, например при проскальзывании.

Вопросы повреждения клубней при динамическом взаимодействии с рабочей поверхностью рассматривал М.И. Лампам. Он показал, что снижение контактных повреждений клубней возможно при повышении радиуса кривизны элементов рабочей поверхности. Обычно принимают допустимую скорость соударения в пределах 0,8…1 м/с [1].

Таким образом, для снижения повреждений продукта при его прохождении по рабочим органам машин следует рационально выбирать кинематические и отдельные геометрические параметры элементов этих рабочих органов.

Список использованных источников:

[1]. Лампам М.И. Комплекс машин и оборудования для послеуборочной обработки картофеля. – М.: Колос, 1982.

Тимофеева Наталья Николаевна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: timofeevanata2015@yandex.ru**.**

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

А.В. Заболотин, С.А. Плахов

ВЫБОР МЕХАНИЧЕСКОГО СТЕНДА ДЛЯ КОНТРОЛЯ И ПРАВКИ КУЗОВОВ

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

В России ежегодно происходит свыше 200 тысяч дорожно-транспортных происшествий, примерно по 550 каждый день. А в Калужской области в 2014 году на дорогах произошло более двух тысяч дорожно-транспортных происшествий. На фоне роста парка автомобилей эти цифры также неуклонно растут. Таким образом, с каждым годом увеличивается число потенциальных потребителей услуг, связанных с кузовным ремонтом [1]. Одним из основных вопросов кузовного ремонта является выбор стенда, на котором будет выполняться контроль и правка кузовов. Для этого рассмотрим основные варианты конструкций стендов:

1. Механический стенд для правки и контроля кузовов «Blackhawk» P-188 [3] имеет станину (3) жесткой конструкции (рисунок 1), являющуюся установочной базой для автомобиля, поднятого над полом на колесах или подпорках. Автомобиль закрепляется на стенде четырьмя тисковыми зажимами за края порогов. Приспособление для зажима крепится к стенду с помощью прочных прихватов.

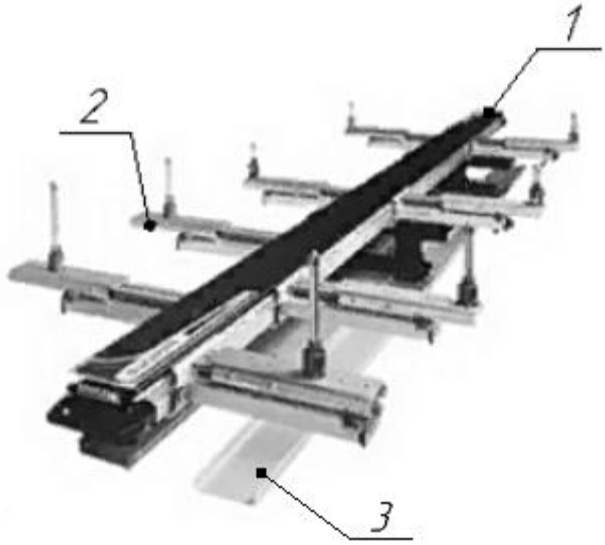


Рис 1

Контроль ведется измерительными стержнями посредством измерительной платформы (1), представляющей собой балку из легкого металла. На балке на шариковых подшипниках смонтированы шесть или восемь суппортов с продольным перемещением (2). Четыре суппорта обеспечивают устойчивое положение измерительной платформы по отношению к основанию автомобиля посредством пневматических домкратов. Между домкратами и точками отсчета вставляются измерительные стержни. Два

(или четыре – на выбор) суппорта предназначаются для контроля различных точек, отмеченных на карте измерений соответствующего типа автомобиля. Существуют две карты контроля для отдельной модели автомобиля со снятыми или смонтированными механическими узлами и для группы автомобилей наиболее массового производства.

Измерительная платформа «Blackhawk» может обеспечить контроль основания кузова автомобиля, установленного либо на стенд, либо на опоры. Контрольные точки определяются по чертежу основания (пола) кузова, представленному в карте контроля. Измерительная платформа устанавливается на шариковую направляющую, которая установлена либо на специальную переносную платформу, либо на плиту стенда для правки.

Вторая функция – правка. Кузов закрепляется зажимными губками тисков за бортики порогов или за профили, приваренные к кузову. Зажимные губки крепятся к поверочной плите или стенду для правки или с помощью анкерного крепления к полу мастерской. Правка осуществляется либо посредством гидравлических угольников, натягивающих цепи, либо с помощью одного или двух домкратов, закрепленных одним концом за балку, а другим концом натягивающих цепь [2].

2. Стенд контроля и правки «Dataliner» DL800 (рисунок 2) снабжен оптическим лазерным устройством [5]. Основание для правки (1) прямоугольной формы состоит из сваренных профилей. На двух траверсах (2), установленных на стенде и закрепленных болтами, смонтированы зажимы для закрепления автомобиля (3) за отбортовку порогов кузова. Одна или две дополнительные балки для правки, имеющие сечение, аналогичное сечению траверс, крепятся снизу стенда. Они служат для закрепления гидравлических домкратов и натяжных цепей. Для перемещения стенда по мастерской служат небольшие колеса (ролики) (4).

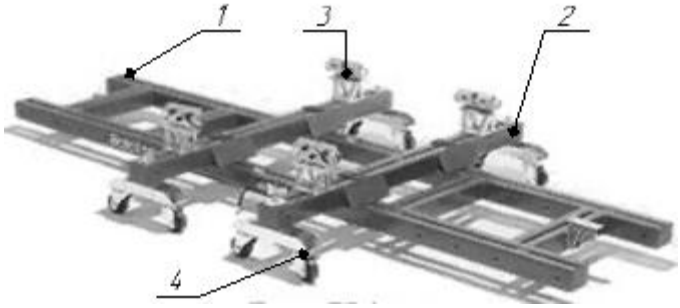


Рис 2

В состоянии покоя стенд устанавливается на стойки, регулируемые по высоте винтовой передачей. Это дает возможность установить станину точно по уровню, что является определяющим фактором для заданного квалитета точности оптического контроля [2] .

3. Стенд для контроля и правки шведской фирмы «Car-o-Liner» Go (рисунок 3) [4]. Он предназначен для правки кузовов легковых автомобилей, снабжен системой контроля с помощью измерительных стержней различной длины, установленных на салазки. Салазки (четыре штуки) (3)

скользят по направляющим измерительной платформы (2), изготовленной из легкого сплава и закреплённой на подъёмнике (4).

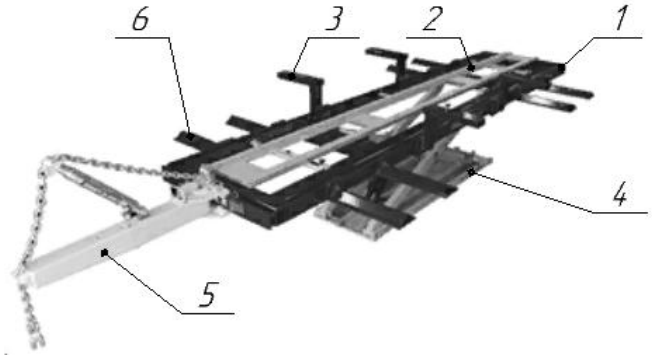


Рис 3

Продольные размеры отсчитываются по металлической линейке, прикрепленной к измерительной платформе. Салазки снабжены скользящими боковыми удлинителями с миллиметровой шкалой для измерения размеров по ширине кузова. Измерительные стержни и удлинители, позволяющие осуществлять контроль заданных точек основания кузова, устанавливаются в вертикальные отверстия салазок и закрепляются в контрольном положении винтами с заостренным концом.

Основание стенда для правки выполнено в виде рамы (1) с поперечинами из стальных профилей, образующих жесткую пустотелую конструкцию. Верхняя плоскость рамы, а также боковые направляющие обработаны для обеспечения необходимой точности. Длина рамы 4 м, ширина 1 м. Восемь опорных лап (6) в форме угольника с углом приблизительно 120° перемещаются по боковым направляющим рамы. На эти лапы автомобиль крепят за отбортовку порогов посредством тисочных зажимов. Губки тисков снабжены рифлениями, обеспечивающими надежное крепление, и помечены краской (красная – правая сторона, зеленая – левая сторона).

Измерительная платформа состоит из двух параллельных профилей квадратного сечения из легких сплавов. Они соединяются между собой поперечинами. На внешней стороне каждого профиля установлены измерительные линейки для выполнения замеров по длине.

Салазки с установленными измерительными стержнями представляют собой небольшие контрольные стенды, состоящие из двух поперечных трубчатых колонн, закрепленных зажимами на скобах. Скобы установлены на направляющие измерительной платформы. В поперечных трубчатых колоннах могут перемещаться и фиксироваться две градуированные штанги, жестко соединенные с наконечником для крепления измерительных стержней. Измерительные стержни устанавливаются на салазках вертикально. Они выполняются телескопическими, что позволяет производить измерения по высоте. Для контролируемых точек предусмотрен набор наконечников различной формы. Все системы скольжения снабжены блокировочными винтами [2].

Изучив основные конструкции стендов контроля и правки кузовов более универсальный, простой в установке и использовании стенд шведской фирмы «Car-o-Liner» Go.

Улучшить конструкцию данного стенда можно с помощью установки на него колёс, с помощью которых будет более удобным его перемещение. Также опорные лапы в форме угольника лучше заменить на суппорты с продольным перемещением (рисунок 4).

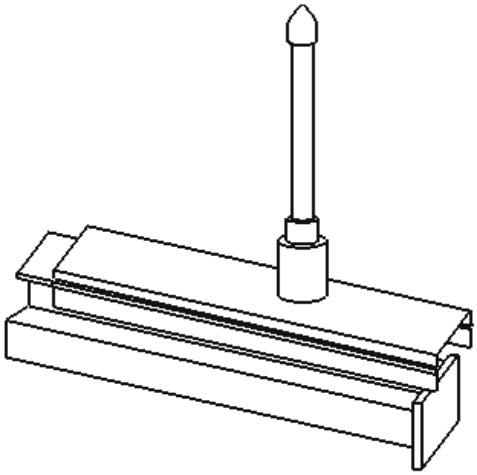


Рис 4

Данный суппорт имеет маленькую площадь опоры, что позволяет снимать точные данные о геометрии кузова. А при правке кузова можно точечно воздействовать на его поверхность, тем самым исправляя небольшие повреждения. Перемещая суппорт можно быстро и удобно подстраиваться под ширину любого кузова.

Список использованных источников:

[1]. *Родионов Ю.А.* Производственно-техническая инфраструктура предприятий автомобильного сервиса – М.: Феникс, 2008, 448 с

[2]. *Ильин М.С.* Кузовные работы. Рихтовка, сварка, покраска, антикоррозийная обработка. – М.: Современная школа, 2009. – 443 с.

[3]. Стенд для контроля и правки кузовов «Blackhawk» P-188. Web: http://www. adex.sib.ru

[4]. Стенд для контроля и правки кузовов «Car-o-Liner» Go. Web: http://www.inmart.ru

[5]. Стенд контроля и правки «Dataliner» DL800. Web: http://poltava.avizinfo.com.ua

Заболотин Александр Васильевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: alexzabolotin@yandex.ru.

Плахов Сергей Александрович – ст. преп. КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: sa.plahov@yandex.ru.

Ю.С. Семина, А.И. Пономарев

ВЫБОР СТЕНДА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И РЕГУЛИРОВКИ ТНВД

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

Стенд ДД 10-01 (рис. 1) предназначен для испытания дизельных топливных насосов высокого давления с цикловой подачей 200 мм^3/цикл с диаметром плунжера до 12 мм, имеет 8 секций, электропривод мощностью 7,5 кВт, преобразователь частоты [1].

Рис. 1

Стенд предназначен для диагностики и регулировки топливного насоса высокого давления (отечественного и импортного производства до 8 секций дизелей включительно). Двигатели типа ЯМЗ-236 регулируются с дополнительным оборудованием, поставляемым по заказу. Диагностика производится путем воспроизведения частоты вращения приводного вала топливного насоса высокого давления (ТНВД), температуры и давления топлива, измерения указанных параметров, а также цикловой подачи, расхода топлива, подаваемого на объект испытания, углов начала нагнетания (впрыскивания) топлива, разворота муфты опережения впрыскивания, отклонений углов начала нагнетания (впрыскивания).

В стенде используются:

- электропривод, состоящий из асинхронного электродвигателя и преобразователя частоты MITSUBISHI ELECTRICS;
- система термостабилизации топлива;
- система высокой и низкой подачи топлива;
- установленная мощность 7,5 кВт;
- управление с электронного тахосчётчика.

Базовая комплектация: комплект кронштейнов, муфт и трубок высокого давления к отечественным ТНВД. На стенде можно проводить испы-

тание и регулировку рядных ТНВД с самостоятельной системой смазки, с количеством секций до восьми, а также ТНВД распределительного типа с количеством питающих штуцеров до восьми путем контроля следующих параметров и характеристик:

- величина и равномерность подачи топлива секциями;
- частота вращения вала ТНВД в момент начала действия регулятора;
- частота вращения вала ТНВД в момент прекращения подачи топлива;
- давление открытия нагнетательных клапанов;
- угол начала нагнетания и конца подачи топлива по повороту вала ТНВД и чередование подачи секциями ТНВД;
- угол действительного начала и конца впрыскивания топлива (при диагностировании);
- характеристика автоматической муфты опережения впрыска.

В качестве жидкости для регулировки топливных насосов должно использоваться дизельное топливо по ГОСТ 305-82 с температурой вспышки паров (ТВП) свыше 610 С. В случае использования дизельного топлива или технологической жидкости с ТВП ниже 610 С над стендом необходимо иметь вытяжной зонт. В модельный ряд выпускаемых стендов входят: ДД10-00 (КИ -15711М -01) установленная мощность 16,5 кВт, гидропривод, диагностика ТНВД до 12 секций, гидропривод, диагностика ТНВД до 8 секций, с цикловой подачей от 300 мм^3 до 1000 мм^3. В базовую комплектацию стенда ДД 10-01 также входят: комплект кронштейнов, муфт и трубок высокого давления для диагностики отечественных ТНВД. У стенда ДД 10-01 существует недостаток, который характерен для всех типовых моделей стендов для диагностики ТНВД, а именно, во время проведения работ по регулировке топливной аппаратуры выделяются пары распыленного топлива от работающих форсунок, находящихся в этот момент в местах их установки в поворотной консоли. Для доработки этого недостатка можно применить местную вентиляцию, подведенную к местам установки форсунок на поворотной консоли и тем самым производить вытяжку паров распыленного топлива и вытяжную вентиляцию.

Таким образом, была рассмотрена характеристика и принцип работы стенда для диагностики и регулировки ТНВД ДД 10-01, а также намечены пути его усовершенствования.

Список использованных источников:

[1]. Автосервисное оборудование. URL: http://www.teh-avto.ru/userfiles/proditem/img526.jpg

[2]. Виноградов В. М. Организация производства технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей. – М.: Академия, 2009.

Семина Юлия Сергеевна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: iul.semina2015@yandex.ru.

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

М.А. Васюкова, А.И. Пономарев

ВЫБОР СТЕНДА ДЛЯ РАЗБОРКИ БЛОКА ЦИЛИНДРОВ

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

Разборочно-сборочные работы включают замену неисправных агрегатов, механизмов и узлов на автомобиле на исправные, замену в них неисправных деталей на новые или отремонтированные, а также разборочно-сборочные работы, связанные с ремонтом отдельных деталей и подгонкой их по месту установки.

Для выполнения разборочно-сборочных работ используют различные стенды, приспособления, комплекты инструментов и специальный инструмент. Из разборочно-сборочных работ наиболее характерными являются работы по замене двигателей, задних и передних мостов, коробок передач, радиаторов, сцепления, деталей подвески, рессор, износившихся деталей в узлах. При этом необходимо помнить о строгом соблюдении правил техники безопасности. Во время разборочно-сборочных работ снимать, транспортировать и устанавливать агрегаты разрешается только при помощи подъемно-транспортных механизмов и устройств, оборудованных захватами, гарантирующими безопасность работы.

Обзор литературы показал, что в настоящее время предложено незначительное количество конструкций стендов и приспособлений для разборки и сборки головок цилиндров. В литературе была найдена принципиальная схема специализированного стенда PWS900 для разборки и сборки головок цилиндров (предназначен для разборки двигателей одной марки)[1]. Недостатками рассмотренного стенда является возможность разборки и сборки головок только одной марки двигателей.

Приспособления, применяемые в настоящее время для разборки головок цилиндров и рассухаривания клапанов являются универсальными, но обладают низкой производительностью, используют ручной труд. Предлагается усовершенствовать рассмотренную схему и сделать стенд универсальным.

Для данной схемы был разработан механизм крепления и поворота головки цилиндров, который позволяет осуществлять процесс разборки и сборки головок различных размеров с различным конструктивным исполнением.

Стенд представляет собой стол сварной конструкции, на котором расположены механизм крепления и поворота головки и механизм крепления и перемещения пневмоцилиндра(рис.1). Нажимная планка, с помощью которой осуществляется рассухаривание клапанов и выпрессовка втулок смонтирована на штоке пневмоцилиндра, работающего от пневмораспределителя. Приспособление для рассухаривания позволяет рассухаривать один или все клапаны сразу. Рассухариватели могут свободно перемещаться по приспособле-нию и применяться для двигателей различных марок.

Механизм крепления и перемещения пневмоцилиндра позволяет изменять положение пневмоцилиндра для головок различной высоты.

Механизм крепления головки блока базируется в Т-образных пазах стола и позволяет закреплять головку блока различной длины с определенным углом подъема в пространстве.

Конструкция сварного стола предусматривает закрепление и перемещение упоров для рассухаривания клапанов.

На боковой стороне стола смонтирована пневмоаппаратура: маслораспылитель, влагоотделитель, редукционный пневмоклапан и вентиль.

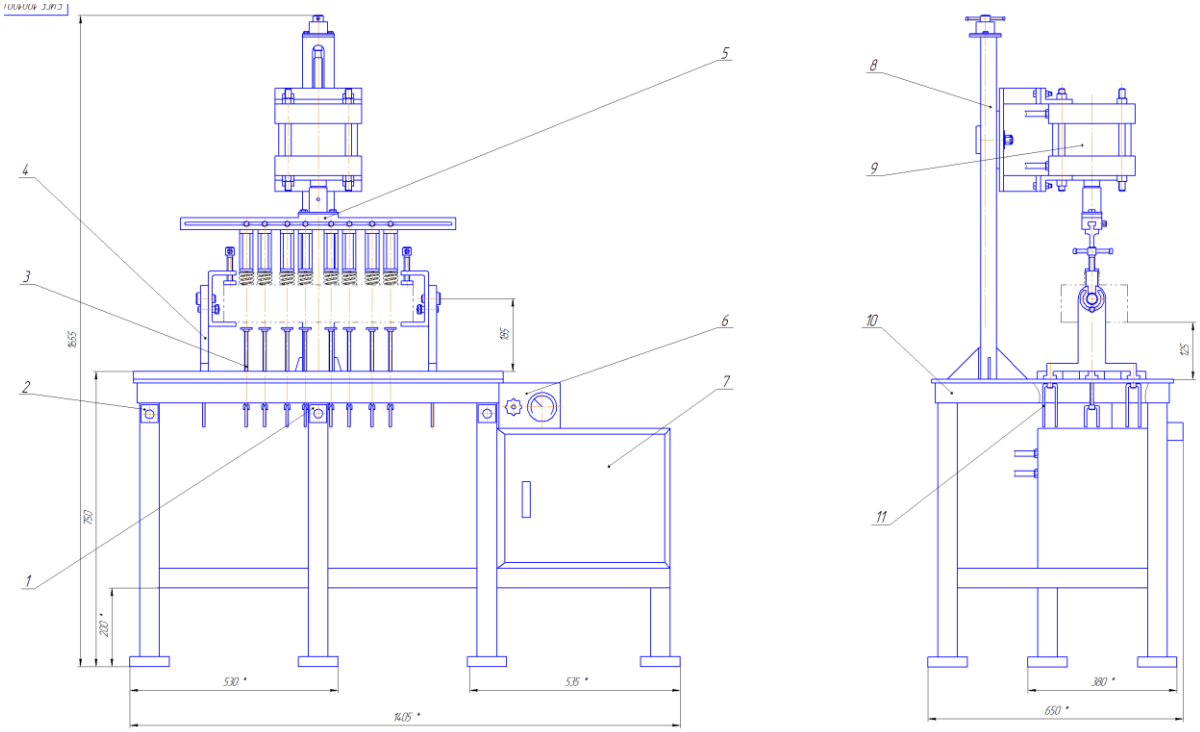


Рис.1

Таким образом, разработанная конструкция стенда позволит увеличить его универсальность и применить для разных моделей двигателей.

Список использованных источников

[1]. В.И. Черноиванов. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве. М: Колос, 2008 г.

[2]. Росс Твег. Приспособления для ремонта автомобилей. М.: За рулем, 2009 г

Васюкова Марина Анатольевна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ma099292@yandex.ru.

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

Б.П. Садковский, А.И. Пономарев, Н.Д. Ильиных

ИССЛЕДОВАНИЕ И ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМ ВПРЫСКОМ ТОПЛИВА НА СТЕНДЕ

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

Широкое внедрение электронных систем управления двигателем (ЭСУД) в автомобилестроении поставило задачу подготовки специалистов по обслуживанию, диагностике и ремонту ЭСУД. Требования государственных образовательных стандартов высшего, среднего и начального образования ряда специальностей автомобильной отрасли предусматривает изучение процессов построения и исследование ЭСУД по ряду учебных дисциплин. Поскольку изучение и начальное обучение диагностике ЭСУД на реальном автомобиле, оснащенном ЭСУД нецелесообразно по ряду причин, широкое распространение как в России, так и за рубежом находят применение стенды, имитирующие работу ЭСУД. Задачи, стоящие как в случае подготовки специалистов по диагностике ЭСУД, так и в случае лабораторного практикума по ряду дисциплин, изучающих ЭСУД для учебных заведений среднего и высшего образования значительно схожие. При изучении предполагается знакомство с основными узлами и блоками ЭСУД, исследование основных режимов работы ЭСУД, исследование работы системы самодиагностики неисправностей работы ЭСУД, диагностирование ЭСУД. Постановка задач исследования режимов работы ЭСУД на стенде должна:

- отражать основные алгоритмы функционирования подсистем подачи топлива, подсистемы зажигания и т.д.;
- позволить изучить основные принципы дискретно-циклового управления ДВС, которые связаны с такими базовыми понятиями как массовый расход воздуха, цикловое наполнение, цикловая подача топлива, длительность импульсов впрыска, состав смеси и т.д.;
- исследования по диагностике ЭСУД должны предусматривать возможность проведения диагностики узлов и блоков ЭСУД с помощью современного диагностического оборудования: тестеров-сканеров ДСТ-2М, ДСТ-6С, мотор-тестера МТ-2Е и другого оборудования [1].

Стенд ЭСУД включает следующие основные блоки:

- систему топливоподачи, включающую электробензонасос с датчиками уровня топлива, топливный фильтр, топливопроводы, рампу четырех форсунок в сборе с форсунками, регулятор давления топлива;

систему зажигания, включающую модуль зажигания, свечи зажигания, высоковольтные провода;

электронный блок управления (контроллер);

разъем (колодка) диагностики;

дроссельный патрубок подсистемы впуска воздуха, имеющим в своем составе датчик положения дроссельной заслонки (ДПДЗ), регулятор холостого хода (РХХ);

датчиковая аппаратура, включающая датчик положения коленчатого вала (ДПКВ);

датчик массового расхода воздуха (ДМРВ);

датчик скорости (ДС);

датчик температуры охлаждающей жидкости (ДТ);

датчик детонации (ДД);

датчик концентрации кислорода (L-зонд) или СО-потенциометр;

блок реле и предохранителей;

контрольная лампа;

электронный блок питания.

Стенд конструктивно представляет собой шкаф, на лицевой панели которого расположены перечисленные блоки ЭСУД. Для имитации вращения коленчатого вала используется электродвигатель постоянного тока, на оси которого расположен диск синхронизации. Работа ДМРВ моделируется устройством, которое вырабатывает сигналы, имитирующие работу ДМРВ при реальном расходе воздуха. Стенд ЭСУД питается переменным током сетевой частоты 50Гц, 220В. Потребляемая мощность: не более 250 Вт. Стенд имеет габаритные размеры: 800х800х300 мм [2].

Для целей диагностики на стенде ЭСУД имеется разъем диагностики. На стенде ЭСУД с учебными целями располагаются на передней панели клеммы, на которые выведены сигналы с некоторых датчиков и исполнительных механизмов, что позволяет осуществлять их измерение и наблюдение. На стенде имеется ряд кнопок, с помощью которых осуществляется обрыв, цепей питания, сигнальных цепей ряда датчиков и исполнительных устройств: ДМРВ, ДТОЖ, ДПКВ, ДПДЗ, модуля зажигания. Подключение диагностических тестеров-сканеров ДСТ-2М, ДСТ-6С позволяет осуществлять следующие работы по диагностике:

осуществлять проверку работоспособности отдельных датчиков исполнительных устройств в системах управления двигателем с распределенным впрыском топлива;

проводить диагностику при имитации неисправностей одного из датчиков или исполнительного устройства: ДМРВ, ДТОЖ, ДПКВ, ДПДЗ, модуля зажигания.

При проверке работоспособности датчиков и исполнительных устройств ЭСУД используется диагностический тестер ДСТ-6С. Свободный доступ к разъемам датчиковый аппаратуры позволяет легко подсоединять переходные кабели, соединяющие ДСТ-6С с датчиками и исполнительными устройствами ЭСУД. При помощи ДСТ-6С можно проверить работоспособность форсунок, шагового двигателя, регулятора холостого хода

(РХХ), модуля зажигания, осуществить частичную проверку ДМРВ с частотным и аналоговым выходом. При проведении диагностики при имитации неисправностей одного из датчиков или исполнительного устройства, с помощью тестера-сканера ДСТ-2М считывается код ошибки. Далее, используя руководство по техническому обслуживанию ЭСУД, находится соответствующая диагностическая карта и определяется по маршруту этой карты соответствующая неисправность. Обучаемый должен также ознакомиться с причинами, при которых неисправность будет появляться на автомобиле [2]. К числу недостатков стенда ЭСУД следует отнести: отсутствие имитации работы ЭСУД, в режиме холостого хода, отсутствие имитаторов датчика детонации и L-зонда. Однако, перечисленные недостатки не умаляют достоинств стенда. Стенд совместно с другим диагностическим оборудованием является эффективным средством при подготовке специалистов по диагностике ЭСУД.

Рассмотрим также стенд имитации датчиков СИД – 2М. Он позволяет выполнять в полном объеме исследования по изучению основных принципов управления ДВС с ЭСУД. Цифровые имитаторы стенда наглядно отображают параметры датчиков. На стенде можно изменять параметры датчиков вручную или с помощью программы, при подключении стенда к персональному компьютеру, что позволяет имитировать различные режимы работы ЭСУД, имитировать неисправности датчиковой аппаратуры с целью проверки работоспособности диагностических приборов. К числу достоинств стенда СИД-2М следует отнести работу стенда под управлением персонального компьютера, что дает возможность имитировать работу двигателя в динамических режимах, при пуске, разгоне, торможении автомобиля и проводить их исследование. Также данный стенд имеет имитаторы датчиков детонации и L-зонда, которые отсутствуют в вышеописанном стенде ЭСУД, что в целом позволяет расширить объем задач по исследованию работы ДВС с ЭСУД. Ограничением стенда СИД-2М является отсутствие реальных исполнительных устройств, нагрузок, что не позволяет в полном объеме решать задачи диагностики неисправностей ЭСУД [3].

В дальнейших исследованиях хотелось бы рассмотреть возможность подключения к стенду СИД-2М внешней нагрузки, в качестве которой могут выступать система топливоподачи, включающая электробензонасос, рампу из четырех форсунок; система зажигания, включающая модуль зажигания, свечи зажигания, высоковольтные провода; дроссельный узел, имеющий в своем составе регулятор холостого хода и др., что существенно расширит возможности стенда СИД-2М.

Список использованных источников:

[1]. *Набоких В.А.* Диагностика электрооборудования автомобилей и тракторов. – М.: Колос, 2012. – 288 с.

[2]. Диагностика электрооборудования автомобиля. URL: http://www.avtosl.ru/avto-remont/catalog/stat/19/1/101.html (дата обращения 19.03.2015).

[3]. Портал о диагностике электрооборудования. URL: http://hitech-ac.ru/Articles/27-Diagnostika-i-remont-elektrooborudovaniya (дата обращения 19.03.2015).

Садковский Борис Петрович – д-р техн. наук, профессор КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: 1012sbp@rambler.ru.

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

Ильиных Никита Дмитриевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: nikitamolodoy@yandex.ru.

Е.А. Шинкоренко, Б.П. Садковский, А.И. Пономарев

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДВЕСКИ ТИПА МАКФЕРСОН

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

Подвеска макферсон, она же подвеска Мак-Ферсона или подвеска на направляющих стойках, «качающаяся свеча» — тип автомобильной подвески, основным элементом которой является амортизаторная стойка.

Рис. 1

Была получена дальнейшим развитием подвески на двойных поперечных рычагах, но имеет лишь один поперечный рычаг внизу, взамен же второго рычага применён высоко расположенный под крылом шарнир — крепление на брызговике крыла поворотной (в случае передней подвески с управляемыми колёсами) стойки, играющей одновременно роль амортизатора, которая связывает этот шарнир с нижним поперечным рычагом. Стабилизатор поперечной устойчивости в такой подвеске зачастую играет роль части нижнего рычага — растяжки, что отражено на иллюстрации; в ином случае — на современных автомобилях как правило — применяются треугольные или Г-образные рычаги и отдельный стабилизатор [1]. Для подвески макферсон важное значение имеет такой параметр, как наклон амортизаторной стойки, которая в её случае фактически выполняет роль шкворня. Для коррекции ходовых качеств автомобиля применяют как продольный, так и поперечный наклон. В редких случаях в качестве упругого элемента в подвеске макферсон может использоваться не пружина, а торсион — примером такой подвески является передняя на «Порше 911», или даже поперечная рессора, заменяющая поперечный рычаг или действующая в паре с ним [1]. Кроме того, пружина в такой подвеске вовсе не обязательно располагается вокруг амортизаторной стойки — например, на Mercedes-Benz W124 и многих автомобилях платформы Ford Fox пружина и амортизаторная стойка передней подвески макферсон были смонтированы отдельно друг от друга. Подвеска макферсон может использоваться как для передних, так и для

задних колёс. Однако в англоязычных странах аналогичную подвеску задних колёс принято называть «подвеской Чепмена». В отечественной практике иногда в том же значении используется термин «свечная подвеска» или «качающаяся свеча». В сравнении с подвеской на двойных поперечных рычагах, макферсон уступает по параметрам кинематики (главным образом из-за существенно большего изменения развала колёс при ходах сжатия и отбоя), в значительно большей степени передаёт на кузов автомобиля вибрации и шумы, занимает много места по высоте, а также сложнее в обслуживании из-за необходимости демонтажа всей стойки, например, для замены или ремонта амортизатора, но более дёшева и технологична в производстве, компактна по ширине и имеет небольшую массу, что обусловило широчайшее её применение в практике современного автомобилестроения. Преимуществами являются:

- малые затраты на изготовление;
- упрощение сборки автомобиля на заводе-изготовителе (вся подвеска такого типа (поперечина, рычаги, стойки) как правило собирается на отдельном конвейере и устанавливается за один приём);
- компактность в продольном и поперечном направлениях;
- большое расстояние по высоте между опорными узлами (уменьшает боковые и продольные силы, возникающие в местах крепления к кузову);
- возможность осуществления больших конструктивных ходов;
- меньшая масса неподрессоренных частей.

Верхняя опора стойки представляет собой упорный подшипник качения, с огромным ресурсом. Рычаг и шаровой шарнир в этой конструкции разгружены от передаваемых при проезде неровностей дороги вертикальных усилий, вследствие чего имеют значительный ресурс и могут быть предельно облегчены, причём диагностика неисправности шарниров облегчена благодаря наличию чётких симптомов их износа — постукивание и неустойчивость на скорости, на что водитель сразу обращает внимание.

Недостатками являются несколько худшие параметры кинематики по сравнению с подвеской на двух поперечных или продольных рычагах. При большом ходе подвески развал (угол наклона колеса к вертикальной плоскости) будет меняться в значительных пределах, и тем больше, чем больше ход подвески. При ходе сжатия подвески выставленный изначально положительный развал колёс быстро сменяется отрицательным, что в случае передней подвески означает ухудшение устойчивости и управляемости автомобиля из-за снижения сцепления его колёс с дорожным покрытием. Передача усилия на сравнительно слабый брызговик крыла, что требует его усиления; при езде по плохим дорогам и при работе подвески «на пробой» начинается разрушение точек крепления стоек на брызговике крыла с образованием на нём усталостных трещин и началом коррозионного процесса, поэтому подвеска «макферсон» пригодна главным образом для эксплуатации на хороших благоустроенных дорогах. При эксплуатации на плохих дорогах она малодолговечна по сравнению с иными типами подвесок. Амортизаторная стойка является

высоконагруженным элементом подвески, через который передаются на несущую систему автомобиля все воспринимаемые подвеской вертикальные усилия и толчки, и в ходе эксплуатации достаточно часто выходит из строя, особенно при езде по неровным дорогам. При этом её стоимость и сложность работ по её замене достаточно велики. При пробое подвески может не выдержать нижний клапан стойки, что выводит из строя её амортизаторную часть, при этом большинство современных стоек являются неразборными и заменяются исключительно в сборе. Езда с «пробитой» стойкой, в свою очередь, приводит к повреждению узла крепления стойки к брызговику крыла и, в конечном итоге, оканчивается деформацией кузова с нарушением геометрии подвески, устранимым лишь дорогостоящим кузовным ремонтом. Сложность изоляции от дорожных шумов. Меньшая компенсация продольного крена («клевка») при торможении, по сравнению с подвеской на двойных рычагах. Особенно это проявлялось на бывшей наиболее распространённой в ранних конструкциях разновидности подвески макферсон с расположенным перед рычагами стабилизатором поперечной устойчивости, играющим одновременно роль части нижнего рычага. Так как по соображениям сохранения необходимого дорожного просвета под передним свесом крепления стабилизатора на кузове располагались сравнительно высоко, оси рычагов подвески оказывались направлены таким образом, что «клевок» при торможении даже усиливался, так как ось рычага проходила дальше от центра тяжести, чем при рычагах, параллельных земле. С 1990-х годов рычаги подвески макферсон стали обычно делать L-образными, с большим основанием, что позволило отказаться от использования плечей стабилизатора в качестве части рычага подвески и задать более оптимальную с точки зрения противодействия «клевку» при торможении геометрию. Из имеющихся недостатков главным является выход из строя амортизаторной стойки, ее поломка очень дорогостоящая,поэтому в дальнейших исследованиях планируется улучшить ее споказатели надежности,чтобы увеличить срок эксплуатации.

Список использованных источников

[1]. *Садковская Н. Е., Садковский Б. П.* Пути повышения уровня экологической безопасности технических средств и технологий: монография. — Калуга: Манускрипт, 2011. — 156 с. ISBN 978-5-94627-071-7

[2]. Подвеска. https://ru.wikipedia.org/wiki/Макферсон_(подвеска)

[3]. Подвеска Макферсон. http://systemsauto.ru/pendant/mcpherson.html

Шинкоренко Евгений Александрович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: shinkorenko.evgeniy@mail.ru.

Садковский Борис Петрович – д-р техн. наук, профессор КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: 1012sbp@rambler.ru.

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

А.И. Пономарев, В.А. Зубина, В.Н. Сидоров

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЯ

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

Метод исследования таких систем, когда вместо свойств и взаимосвязей составных частей системы, изучается реакция системы, как целого, на изменяющиеся условия, называют «метод черного ящика». Система, которую представляют как «черный ящик», рассматривается как имеющая некий «вход» для ввода информации и «выход» для отображения результатов работы, при этом происходящие в ходе работы системы процессы наблюдателю неизвестны. Предполагается, что состояние выходов функционально зависит от состояния входов. Изучение системы по методу чёрного ящика сводится к наблюдениям за ней и проведению экспериментов по изменению входных данных, при этом в ходе наблюдения над реакциями системы на внешние воздействия достигается определённый уровень знаний об исследуемом объекте, позволяющий осуществлять прогнозирование поведения «чёрного ящика» при любых заданных условиях.

В данных исследованиях черный ящик состоит из демпфера и амортизатора подвески автомобиля, параметры которого нам неизвестны. Полученные параметры получены путем тензометрирования. В результате проведенного эксперимента мы получили входное усилие на ступицу $P_{ступ}$ и выходное усилие на кузов со стороны стойки $P_{кузова}$ [1]. Был получен массив данных, состоящий из 1000 значений входного параметра ($P_{ступ}$) и 1000 значений выходного параметра ($P_{кузова}$). Интервал дискретизации равен 2.5 (ts=2.5). Моделирование было проведено в программе MATLAB с помощью System Identification Toolbox.

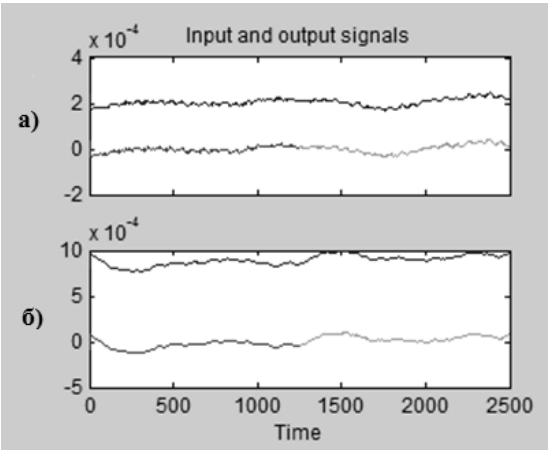


Рис 1.

В ходе проведения предварительной обработки данных в программе MATLAB нами были получены 7 моделей объекта управления, которые представлены на рис. 2 [2]. Для получения нашей передаточной функции мы взяли модель по минимальной выходной ошибке, которая представлена в тета – формате на рис. 3 и является дискретной.

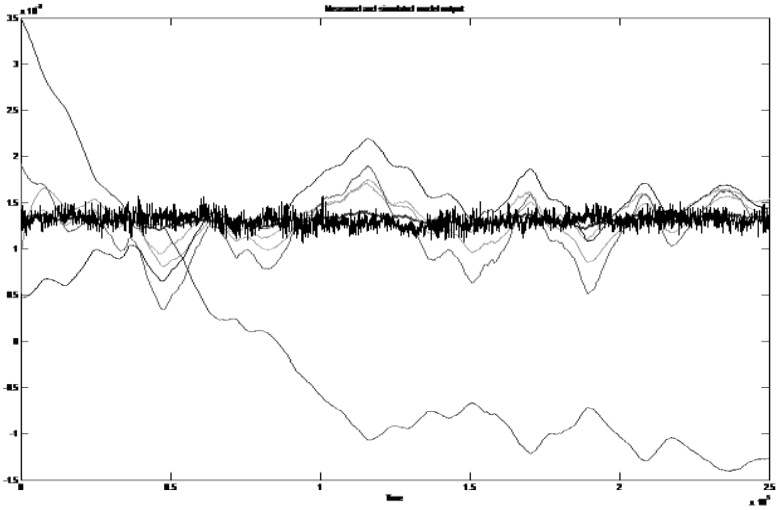


Рис. 2

С помощью программы путем вычислений нами была получена передаточная функция, которая позволит моделировать динамический процесс подвески автомобиля.

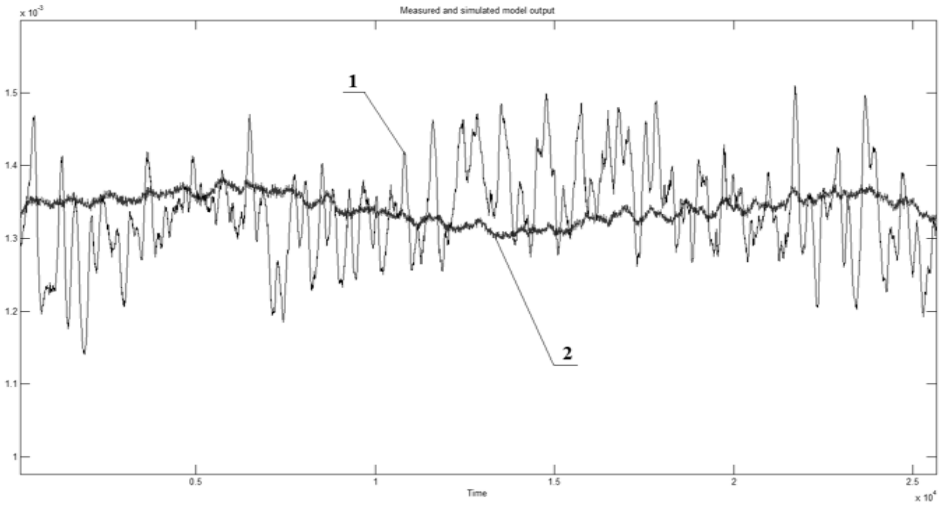


Рис. 3

1 – график выходных усилий системы «черного ящика»

2 – график усилий на выходе системы, моделирующей работу «черного ящика»

Список использованных источников:

[1]. Обработка массива данных с помощью пакета System Identification Toolbox [Электронный ресурс] URL: http://www.refsru.com/referat-3966-3.html

[2]. Работа в System Identification Toolbox [Электронный ресурс] URL: http://matlab.ru/products/system-identification-toolbox

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

Зубина Валерия Александровна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: lera_zubina@mail.ru.

Сидоров Владимир Николаевич - д-р техн. наук, заведующий кафедрой КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: sidorov-kaluga@yandex.ru.

А.В. Симонов, Б.П. Садковский

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЗАДНЕЙ НЕЗАВИСИМОЙ ПОДВЕСКИ ПЕРЕДНЕПРИВОДНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

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

Современные автомобильные подвески 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.

Подвеской автомобиля называется совокупность устройств, обеспечивающих упругую связь между кузовом (или рамой) и мостами или колёсами автомобиля, уменьшение динамических нагрузок на кузов и колёса, затухание их колебаний, а также регулирование положения кузова автомобиля во время движения. На подвеску автомобиля возложена тройная задача: везти мягко, везти точно, везти безопасно. Иными словами, подвеска должна одновременно обеспечивать приемлемый комфорт, хорошую управляемость и активную безопасность.

Подвеска, являясь промежуточным звеном между кузовом автомобиля и дорогой, должна быть лёгкой и наряду с высокой комфортабельностью обеспечивать максимальную безопасность движения. Для этого необходимы точная кинематика колёс, высокая информативность управления (не только рулевого), а также изоляция кузова от дорожных шумов и жесткого качения радиальных шин (особенно с низким профилем). Кроме того, надо учитывать, что подвеска передаёт на кузов силы, возникающие в контакте колеса с дорогой, поэтому она должна быть прочной и долговечной. Применяемые шарниры должны легко поворачиваться, быть мало податливыми и вместе с тем обеспечивать шумоизоляцию кузова. Рычаги должны передавать силы практически во всех направлениях, а также тяговые и тормозные моменты, и быть при этом не слишком тяжелыми. Упругие элементы при эффективном использовании материалов должны быть простыми и компактными, и допускать достаточный ход подвески.

В автомобилестроении уже давно сформировались некие представления относительно области применения того или иного типа подвески: двухрычажная - для спортивных моделей, зависимая - для внедорожников, полузависимая - для компактных авто, и т.д.

Рассмотрим интересующую нас заднюю независимую подвеску. Независимая подвеска обеспечивает независимость перемещения одного колеса моста от перемещения другого колеса. По типу направляющего устройства независимые подвески делятся на рычажные, и подвески Макферсона.

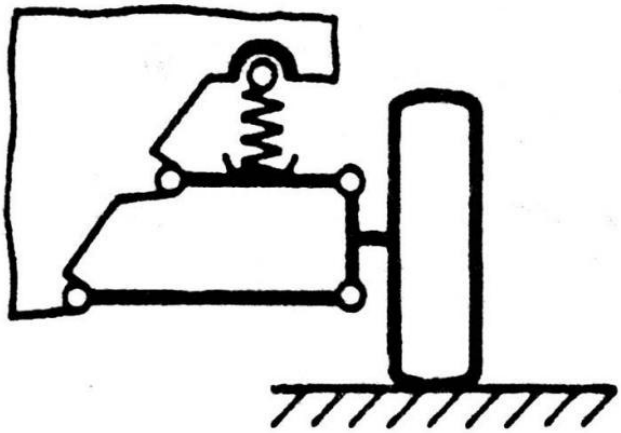


Рис.1

Рычажная подвеска (рис.1) – подвеска, направляющее устройство которой представляет собой рычажный механизм. В зависимости от количества рычагов могут быть двухрычажные и однорычажные подвески, а в зависимости от плоскости качания рычагов – поперечно-рычажные, диагонально-рычажные и продольно-рычажные.

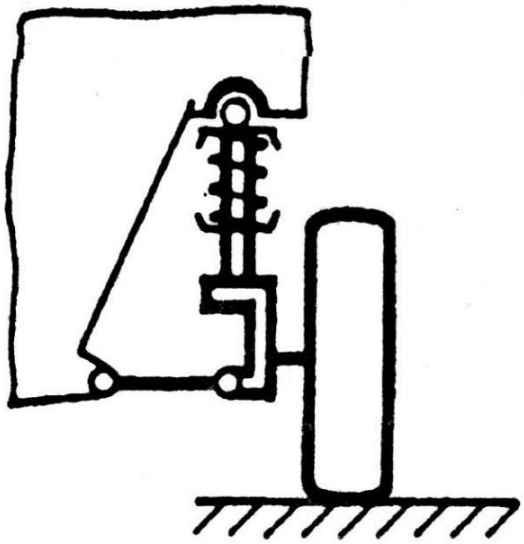


Рис.2

Подвеска МакФерсона (рис.2), основным элементом которой служит амортизаторная стойка, является развитием подвески на двойных поперечных рычагах, но имеет только снизу один или два поперечных рычага.Снизу амортизаторная стойка крепится к поворотному кулаку, а сверху – к кузову автомобиля. При повороте управляемых колес амортизаторная стойка поворачивается вместе с закрепленной на ней пружиной, что требует применения в верхней опоре подшипника качения или скольжения с низким значением трения. Винтовые пружины, расположенные вокруг амортизаторной стойки, обычно устанавливаются под некоторым углом к ее оси. Такой способ установки обеспечивает снижение величины «поро-

говой жесткости» подвески, когда сначала при небольших вертикальных усилиях со стороны колеса не происходит сжатия пружины а затем она сжимается довольно резко. Это позволяет устранить неприятные ощущения при движении по относительно ровным дорогам. Подвеска Макферсона обеспечивает незначительное, по сравнению с подвеской на двойных рычагах, изменение развала колес при их вертикальном перемещении. К основным преимуществам подвески Макферсона следует отнести то, что она занимает небольшой объем и создает удобства при поперечном размещении силового агрегата, что обусловило ее широкое применение [1].

Рычаги направляющего устройства подвески соединяются с колесом и кузовом с помощью шаровых шарниров и втулок. Шарниры могут быть направляющими и несущими. Например, в независимой подвеске на поперечных рычагах на нижний рычаг опирается упругий элемент. Шаровой шарнир такого рычага воспринимает силы, действующие в различных направлениях, следовательно, шарнир должен быть несущим. Шарнир на верхних рычагах не воспринимает вертикальные силы, а передает в основном поперечные. В этом случае применяется направляющий шарнир. На рисунке показаны несущие шаровые шарниры и направляющий шарнир, применяющиеся на автомобилях [2].

При повороте автомобиля его кузов наклоняется на определенный угол, называемый углом крена. В подвесках легковых автомобилей применяется дополнительное устройство – стабилизатор поперечной устойчивости. Он способствует уменьшению бокового крена и поперечных угловых колебаний кузова автомобиля и перераспределяет вес по колесам автомобиля.

Стабилизатор поперечной устойчивости автомобиля (рис.3) представляет собой упругую штангу из пружинной стали в виде растянутой буквы П, прямые, дугообразные и т.п. Штанга закреплена шарнирно в средней части на кузове или подрамнике, а своими концами соединяется с подвижными элементами подвески. Упругие свойства стабилизатора проявляются при его закручивании, как у торсиона. Если при движении автомобиля левое и правое колесо перемещаются одновременно и на одинаковое расстояние, стабилизатор практически не оказывает влияния на жесткость основных упругих элементов подвески. При повороте автомобиля стабилизатор закручивается и изменяет жесткость, уменьшая тем самым величину крена автомобиля. Большинство современных легковых автомобилей оборудуются как минимум передним стабилизатором поперечной устойчивости [3].

Стабилизатор может устанавливаться как в передней, так и в задней части автомобиля на резиновых втулках для обеспечения упругой деформации в опорах. Как правило, стабилизаторы изготавливают из пружинной стали.

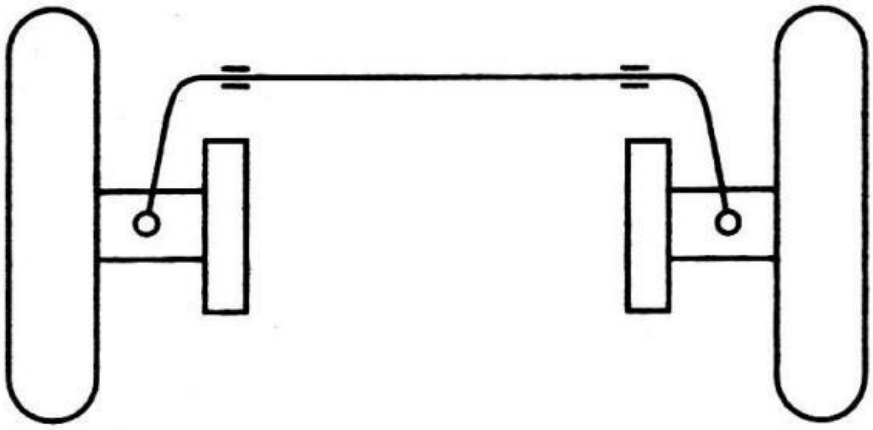


Рис.3

Все конструкции имеют свои особенности, определяющие их уникальные плюсы и минусы. Поэтому можно лишь говорить об универсальности, балансе характеристик, и в этом случае однозначными лидерами оказываются двухрычажные и многорычажные независимые подвески. Немного им уступают конструкции на косых рычагах и МакФерсон - их кинематика менее совершенна, но они просты и не требовательны к месту. Далее можно расположить полузависимую подвеску, которая при всей своей простоте и дешевизне все же обеспечивает приемлемую кинематику. Ну, а замыкают список подвески на продольных рычагах и зависимые - слишком специфичны должны быть условия, оправдывающие их применение.

Список использованных источников:

[1]. Подвеска Мак-Ферсона. URL: http://ustroistvo-avtomobilya.ru/podveska/podveska-mcpherson-nedostatki-i-preimushhestva/

[2]. Вахламов В.К, Автомобили: основы конструкции: Учебник для студентов высших учебных заведений. - М.: Издательский центр «Академия», 2004. - 528 с

[3]. Кузьмин Ю.А. Антонов И.С. Конструирование и расчет автомобиля. Организация курсовой работы: Методические указания. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. - 23 с.

Симонов Алексей Владимирович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: jdmway.73@gmail.com.

Садковский Борис Петрович – д-р техн. наук, профессор КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: 1012sbp@rambler.ru.

И.В.Ермаков, Б.П.Садковкский

МОДЕРНИЗАЦИЯ ХОДОВОЙ ЧАСТИ АВТОМОБИЛЯ ГАЗ 3302

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

Основными устройствами, защищающими автомобиль от динамических воздействий дороги и сводящими колебания и вибрации к приемлемому уровню, являются подвеска и шины.

Применение современных систем подвесок (пневматических упругих элементов, резинометаллических шарниров и т.п.) на грузовых автомобилях ведет к значительному снижению шума от автомобиля, что особенно актуально в крупных городах и населенных пунктах, находящихся вблизи крупных автодорог.

Двухточечная пневматическая подвеска хорошо зарекомендовала себя, как надежная и долговечная подвеска для магистральных и вседорожных автомобилей [1]. Эта система демонстрирует присущую ей прочность и не нуждается в регулярном техническом обслуживании. Базовая конструкция такой подвески устанавливается как на передних, так и на задних осях автомобиля. Несмотря на простоту конструкции, пневматическая система подвески обладает выдающимися функциональными возможностями, не ограниченными только защитой перевозимого груза. От других систем подвески она отличается повышенной жесткостью, что обеспечивает повышенное сопротивление крену и, следовательно, исключительную устойчивость автомобиля. Это свойство пневматической подвески может оказаться весьма важным для тех перевозчиков, которые занимаются перевозкой тяжеловесных грузов.

Подвеска автомобиля-прототипа была кардинально переработана, в результате чего, были добавлены следующие комплектующие (рис. 1):

– пневматические элементы;
– амортизаторы;
– кронштейны крепления амортизатора;
– полурессоры;
– кронштейны крепления полурессор к мосту (верхний, средний, нижний), стремянки;
– кронштейны крепления полурессор к раме;
– кронштейны крепления пневмоэлемента к раме;
– ось.

1. Пневматические элементы (рис. 1, поз. 1).

Роль пневматического элемента в проектируемом автомобиле выполняет диафрагменный упругий элемент рукавного типа [2].

Если диафрагменный упругий элемент имеет цилиндрический поршень и цилиндрическую направляющую и диафрагма на всём рабочем ходе не выходит из кольцевого зазора между поршнем и направляющей, эффективная площадь остаётся постоянной. Придавая поршню или

направляющей более сложную форму, можно добиться желательного закона изменения эффективной площади, в частности, уменьшения её на некотором участке рабочего хода.

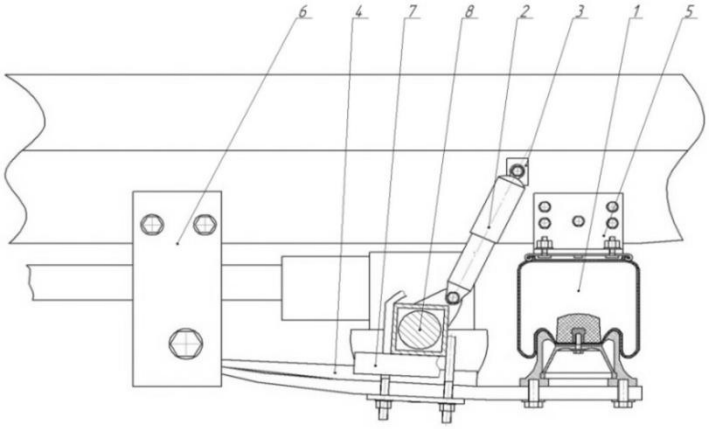


Рис. 1

Этим диафрагменные элементы выгодно отличаются от баллонных, у которых эффективная площадь по мере их сжатия всё время возрастает, что препятствует снижению жёсткости до желаемой величины. Пневмоэлемент прикреплён нижней частью к полурессоре болтовым соединением. Верхняя часть закреплена при помощи четырех болтовых соединений к специально изготовленному кронштейну и нижнему торцу рамы.

2. Амортизаторы (рис. 1, поз. 2).

Они служат для гашения колебаний, возникающих при движении автомобиля. Закреплены нижней частью на среднем кронштейне крепления моста и полурессоры при помощи кронштейна, в верхней же части на специальный кронштейн крепления амортизатора.

3. Кронштейн крепления амортизатора (рис. 1, поз. 3).

Предназначен для крепления амортизатора к раме. Выполнен из стали 45Л. Закреплен на раме при помощи двух болтовых соединений.

4. Полурессора (рис. 1, поз. 4).

Данный элемент конструкции выполняет одну из основных силовых функций в проектируемой конструкции, так как воспринимает нагрузки не только от моста, но и передает их на ось вращения кронштейна, а так же воспринимает нагрузки, передаваемые пневмоэлементом [3]. Изготовлена с применением ковки из стали 65Г, применяемой для изготовления высоконагруженных и ответственных рессор. Данный элемент закреплен на несущем кронштейне при помощи оси, соединен с мостом посредством системы кронштейнов крепления и стремянок, так же на нем закреплен пневмоэлемент.

5. Кронштейн закрепления подушки к раме (рис. 1, поз. 5).

Изготовлен с учетом посадочных размеров подушки и имеет два отверстия для крепления к раме, и два – для фиксации подушки. Изготовлен из стали 20, толщиной 8 мм. Выполняет так же роль замыкающего элемента рабочей схемы конструкции.

6. Кронштейн крепления полурессоры к раме (несущий кронштейн) (рис. 1, поз. 6).

Закреплен на 4 болтовых соединениях на боковой поверхности рамы, перед мостом. Имеет сложную форму, благодаря которой нагрузка распределена как на болтовое соединение, так и на нижнюю часть рамы. Изготовлен литьём из стали 30Л, обладающей высокой прочностью и стойкостью к нагрузкам. Выполняет несущую функцию.

7. Кронштейн крепления полурессоры к мосту(рис. 1, поз. 7).

Данная система состоит из 3 отдельно взятых элементов, выполняющих различные функции:

а) верхний кронштейн имеет сложную форму, для фиксации стремянок и предотвращения их сползания во время эксплуатации автомобиля. Данный элемент приварен к чулку моста шовной сваркой.

б) средний кронштейн представляет собой проставку между чулком моста и полурессорой, так же имеет сложную форму и кронштейн для крепления амортизатора. Данный элемент так же приварен к чулку моста.

в) нижний кронштейн предназначен для фиксации стремянок, имеет форму, огибающую полурессору и надежно фиксирующий её при помощи стремянок. Данные элементы выполнены литьем из стали 30Л.

8. Ось (рис. 1, поз. 8).

В проектируемой конструкции применена ось, соединяющая полурессору с несущим кронштейном. Эта ось является тяжело нагруженным элементом системы, и выполняется из стали 38ХГН, применяемой для изготовления деталей, к которым предъявляются повышенные нормы прочности.

Разработанная подвеска позволяет существенно улучшить ходовые качества автомобиля ГАЗ 3302. В результате ее применения обеспечивается оптимальная защита груза и лучшее сцепление с дорогой. Это достигается ценой меньшего сопротивления крену и некоторого снижения прочности подвески до стандартного уровня.

Список использованных источников:

[1]. Нарбут А.Н. Автомобили: Рабочие процессы и расчёт механизмов и систем. Москва, Академия, 2008. – 256с.

[2]. Пневматическая подвеска. URL: http://www.stavimpnevmo.ru/ publ/stati o pnevmopodveske (дата обращения 18.03.2015).

[3]. Портал о грузовых автомобилях. URL: http://www.rh2.ru/Avtozavody otechestvennye (дата обращения 18.03.2015).

Ермаков Иван Вячеславович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: van4elo2009@yandex.ru.

Садковский Борис Петрович – д-р техн. наук, профессор КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: 1012sbp@rambler.ru.

А.Г. Петросян, В.Н. Сидоров, А.И. Пономарев

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЕЙ

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

1. Техническое обоснование проекта

В современном мире диагностика занимает важное место при производстве автомобилей. Существует множество диагностических стендов для испытания тормозной системы автомобилей и выявления неисправностей. К сожалению, зарубежные диагностические стенды очень дорогостоящие, а стенды российского производителя очень плохого качества и не способны качественно и эффективно проверить автомобиль на необходимые показатели.

Существует множество прототипов стенда, но не все они имеют оптимальные значения параметров: возможность проверки тормозной системы автомобиля, возможность проверки ABS, площадь стенда и его стоимость.

На основе проведенного анализа можно сделать вывод, что в настоящее время автосервисным предприятиям г. Калуга необходим стенд для диагностики тормозной системы соответствующий вышеперечисленным параметрам. Представленный на рынке современный стенд для диагностики тормозной системы модели К-208 имеет ряд недостатков: массивность, высокие требования к качеству применяемых материалов, большая энергоемкость. Значит, существует необходимость проектирования менее габаритного и менее энергоемкого стенда для диагностики тормозной системы.

2. Назначение и устройство проектируемого стенда

Стенд предназначен для контроля эффективности тормозных систем грузовых автомобилей, с осевой нагрузкой до 3500 кг, шириной колеи 1200-2760 мм. Стенд может применяться на станциях технического обслуживания АТС, автопредприятиях, станциях государственного технического осмотра контролерами ОТК, работниками ГИБДД и Транспортной инспекции для контроля тормозных систем АТС в эксплуатации, при выпуске на линии, а также при ежегодном техническом осмотре.

Тормозной стенд, изображенный на рисунке 1, представляет собой механизм, который вмонтирован ниже отметки уровня пола. Стенд состоит из рамы, опорного устройства, в которое входят два блока роликов, моторредуктора и подъемного механизма, стационарного и дистанционного пультов управления и индикации. Опорное устройство крепится фундаментными болтами с опорной плитой к полу помещения. Между каждой парой опорных роликов расположены следящие ролики, с которыми связаны датчики наличия автомобиля и датчики проскальзывания, предназна-

ченные для контроля скорости вращения колес и определения момента начала проскальзывания колес диагностируемой оси относительно опорных роликов, а также для определения наличия автомобиля на опорных роликах роликовой установки.

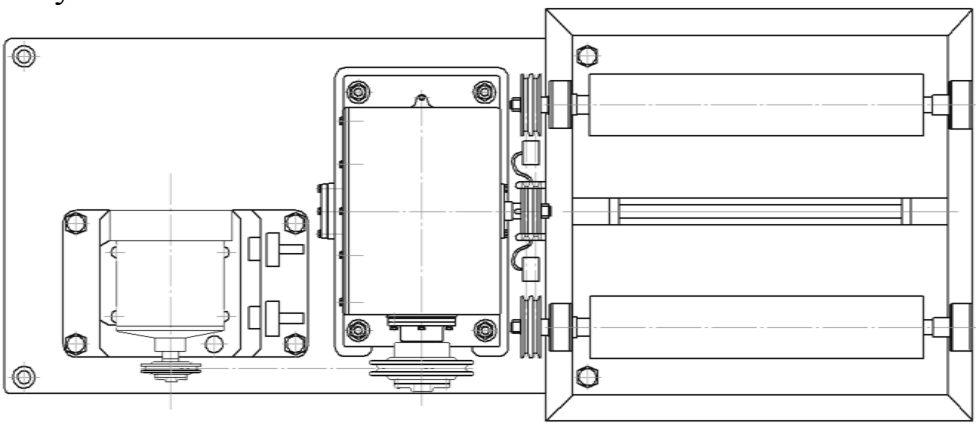


Рис. 1

Контролер датчиков предназначен для преобразования и усиления сигналов датчиков, преобразования аналоговых сигналов датчиков в цифровой код и передачи их значений в персональный компьютер по его запросу. Датчик усилия предназначен для измерения усилия на органах управления рабочей и стояночной тормозных систем. Состоит из корпуса, верхней пластины, нижней пластины, кнопки, защитной мембраны, кабеля датчика с разъемом. К нижней пластине прикреплен ремень с замком. Внутри корпуса размещен тензорезисторный мост.

Перед проведением проверки тормозной системы автомобиля датчик закрепляется с помощью ремня на педали тормоза автомобиля. Разъем датчика подключается к ответной части, расположенной на силовом шкафу.

Проверка состояния тормозной системы автомобиля проводится двумя операторами. Оператор-водитель располагается на месте водителя проверяемого автомобиля. Оператор ЭВМ руководит действиями оператора-водителя. Команды оператору-водителю отображаются на экране монитора, а также дублируются на светофоре или информационном табло. Стенд позволяет производить измерение полного комплекса параметров тормозной системы автомобиля путем последовательной установки всех осей автомобиля на роликовую установку стенда и измерения всех параметров каждой диагностируемой оси в соответствии с инструкциями рабочей программы и указаниями оператора ЭВМ. Изменение тормозных сил осуществляется на поверхности колес и отсчитывается в килоньютонах.

Принцип работы стенда заключается в принудительном вращении колес диагностируемой оси автомобиля от опорных роликов и измерении сил, возникающих на поверхности опорных роликов при торможении. После въезда диагностируемой оси на роликовую установку и при срабаты-

вании левого и правого датчиков наличия автомобиля производится взвешивание оси с помощью датчиков веса.

Затем приводятся во вращение опорные ролики роликовой установки. Вращение происходит с заданной скоростью от электромотора. Возникающие при торможении реактивные моменты передаются на датчики, которые вырабатывают электрические сигналы, пропорциональные тормозным силам на каждой паре роликов. Скорость вращения колес автомобиля контролируется следящими роликами, которые прижаты к колесам диагностируемой оси. Скорость вращения следящих роликов контролируется датчиком проскальзывания. Момент начала воздействия на педаль тормоза фиксируется кнопкой, расположенной на датчике усилия, который предназначен также для определения усилия на педаль тормоза.

Сигналы всех датчиков поступают в контроллер датчиков, расположенный на роликовой установке. Сигналы датчиков усиливаются до необходимой величины прецизионными усилителями, преобразуются в цифровой код аналого-цифровым преобразователем и поступают в микропроцессор, который производит предварительную обработку поступающей информации. По запросу от персонального компьютера микропроцессор передает полную информацию о состоянии датчиков тормозного стенда.

Связь персонального компьютера с контроллером датчиков осуществляется блоком интерфейса связи, установленным в системном блоке персонального компьютера. Эта плата управляет также работой электромотора и светофора. На плате установлены устройства, осуществляющие гальваническую развязку по линиям управления светофором и электромотором, а также по линиям связи с контроллером датчиков.

Технические условия проектируемого стенда приведены в таблице 1.

Таким образом, разработка данного стенда существенно снизит капиталовложения предприятия и уменьшит трудоемкость технических операций при ремонте тормозной системы автомобилей. В дальнейшем нам необходимо развить данную разработку.

Таблица 1

Технические характеристики стенда

Параметр	Единица измерения	Значение
Частота вращения электродвигателя	об/мин	1410
Передаточное число редуктора		11,28
Частота вращения роликов	об/мин	125
Сила натяжения цепи	Н	100
Сила натяжения ремня	Н	150
Момент затяжки виброизолирующих подушек	Нхм	220

Список использованных источников:

[1]. Домников И.Ф., Техническое обслуживании и ремонт машин. – М.: Росинформагротех, 2006. – 256 с.

[2]. Туревский И.С. , «Техническое обслуживание автомобилей. Книга 1. Техническое обслуживание и текущий ремонт автомобилей»: Учебное пособие. М., ИД «ФОРУМ», 2005. – 431с.

Петросян Артем Геворкович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: artem09081991@yandex.ru.

Сидоров Владимир Николаевич - д-р техн. наук, заведующий кафедрой КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: sidorov-kaluga@yandex.ru.

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

С.С. Ерохин, В.Н. Сидоров

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ТЯГОВО-СЦЕПНЫХ СВОЙСТВ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ

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

Широкому применению разнообразных способов повышения тягово-сцепных свойств колесных сельскохозяйственных тракторов способствовали известные ограничения рабочих скоростей движения и ширины захвата машинно-тракторных агрегатов, а также грузоподъемность транспортных средств. Эти ограничения часто не позволяют полностью реализовать мощность двигателей энергонасыщенных тракторов. У тяговых агрегатов одновременно с увеличением используемой мощности двигателя, необходимо и увеличение тяговых возможностей движителя. То есть, чтобы полностью использовать мощность двигателя, нужно обеспечить необходимое сцепление движителей с опорной поверхностью.

Обобщенные сведения о способах повышения тягово-сцепных качеств колесных тракторов применительно к транспортным агрегатам приведены на рис. 1.

Рис.1

Повысить тягово-сцепные свойства колесных тракторов можно путем их рациональной конструктивной компоновки, хотя возможности этого способа весьма ограничены, а в большей степени - использованием специальных технических средств. Большинство таких способов повышения тягово-сцепных свойств основаны на увеличении максимальной касательной силы по сцеплению. Если тракторный агрегат находится на горизонтальной поверхности, то сцепным весом считается вертикальная нагрузка

на ведущие колеса. Коэффициент сцепления зависит от физико-механических свойств опорной поверхности и характеристики движителя.

Все способы можно разделить на две группы. К первой группе относятся те, с помощью которых увеличивают коэффициент сцепления движителя с почвой или дорогой; ко второй - сцепной вес трактора.

Первую группу способов можно разделить на шесть подгрупп (рис. 1). Несмотря на относительную дешевизну первых трех подгрупп, применяются они довольно редко из-за высокой трудоемкости монтажных работ и невозможности использования их на транспортных работах с жестким покрытием. Последнее исключает возможность применения почвозацепов, уширителей и полугусеничного хода. Об этом же свидетельствуют исследования ряда авторов, хотя они подтверждают эффективность применения различных уширителей и почвозацепов, особенно на снежном рыхлом фоне, но не рекомендуют их использование на более плотных поверхностях, в связи с их малой в этих условиях эффективностью, невозможностью работы на высоких скоростях и низкой надежностью.

Применение широкопрофильных и арочных шин повышает тягово-сцепные свойства тракторов, но перестановка колес, как и установка уширителей, почвозацепов, полугусеничного хода требует затрат средств, энергии и времени.

Снижение давления воздуха в шинах ведущих и ведомых колес дает положительный эффект для повышения тягово-сцепных свойств и проходимости, так как увеличивается площадь контакта шины с грунтом и снижается сопротивление перекатыванию, однако при этом ускоряется износ шин и может произойти их проворачивание относительно обода.

Сдваивание ведущих колес - энергоемкая операция, определенный эффект получается прежде всего на сплошной почвообработке и севе, однако этот способ ограничивает маневренность агрегатов, что имеет существенное значение на транспортных работах. Кроме того, на узких участках дорог и с глубокой колеей (мосты, лесная дорога) движение транспортного агрегата со сдвоенными шинами затруднительно.

В зоне малых тяговых сопротивлений и больших скоростей движения, характерных для транспортных агрегатов, мощность со сдвоенными колесами меньше, чем на одинарных, из-за повышенного сопротивления качению и забивания землей пространства между шинами.

Блокировку дифференциала ведущих колес применяют для увеличения сцепления колесного движителя с почвой, особенно при понижении сцепления одного из колес с почвой, когда работа дифференциала только вредит движению трактора. На тракторах в настоящее время применяют автоматическую и принудительную блокировку дифференциала. Таким образом, многие из рассматриваемых способов или не обеспечивают высокой эффективности, или усложняют конструкцию тракторов и прицепов,

или ухудшают маневренность, скоростные свойства и надежность агрегатов.

Для повышения тягово-сцепных свойств колесных тракторов, имеющих привод только на задние колеса, используются различной конструкции догружатели колес. Сцепной вес при этом увеличивается как за счет веса навесных орудий, так и от перераспределения веса самого трактора с передних колес на задние (рис. 2).

Применение гидродогружателей ведущих колес повышает тягово-сцепные свойства колесного трактора, уменьшает буксование и значительно снижает сопротивление почвы обработке, увеличивает КПД в среднем на 43%.

При работе колесных тракторов в тяжелых почвенных условиях в пневматических шинах применяют балластирование. Это повышает тягово-сцепные свойства тракторов. В качестве балласта используют металлические грузы, воду или незамерзающий раствор, заливаемый в шины, что позволяет увеличить тяговое усилие трактора на 15...20%. Однако применение балластирования влечет за собой увеличение массы трактора, что повышает и без того высокое нормальное давление на почву. Это способствует продавливанию верхнего слоя почвы до мерзлоты и потере проходимости на ранневесенних полевых работах, а также увеличению сопротивления движению трактора.

В тоже время при использовании колесных тракторов на транспортных работах на почвах с низкой несущей способностью возникает необходимость кратковременного перераспределения сцепного веса между ведущими колесами трактора и прицепа с целью повышения тягово-сцепных свойств.

Рис. 2

Использование корректора сцепного веса на тракторе МТЗ-82 позволяет повысить тяговую мощность до 12,1%, снизить величину буксования до 17...20%, повысить производительность на 10... 19% и снизить удельный расход топлива по сравнению с серийным машинно-тракторным агрегатом.

Использование в тяжелых условиях машинно-тракторных агрегатов с активным ведущим мостом на транспортных работах дает возможность повысить их тягово-сцепные свойства, увеличить производительность на 11,5... 20%, уменьшить расход топлива на 8... 12%.

Одним из способов повышения тягово-сцепных свойств тракторов является увеличение числа ведущих колес с компоновкой 4х4. Это дает возможность реализовать для сцепления с почвой практически весь вес трактора, в то время как при двух ведущих колесах для этой цели может быть использована только часть веса.

При использовании тракторов с колесной компоновкой 4х4, значительно снижается крутящий момент, реализуемый через задние колеса, что в свою очередь снижает буксование. Максимальная реализация тягово-сцепных свойств трактора достигается при десятипроцентном буксовании, так как при буксовании свыше 10% происходит срез почвы [1,2]. Тяговая динамика тракторов с компоновкой 4х4 во многом зависит от того, как осуществляется привод к ведущим осям. В настоящее время применяются два основных типа приводов - дифференциальный и с блокированием.

Как показали исследования, лучшие результаты дает автоматический блокируемый дифференциал ведущих колес, обеспечивающий блокировку полуосей при одинаковых скоростях ведущих колес. Кроме того, автоматическое отключение забегающего колеса при повороте трактора и передача всего подводимого к мосту крутящего момента на отстающее колесо, обеспечивает высокую проходимость трактора в тяжёлых условиях эксплуатации.

В работах [3,4] отмечается, что с увеличением числа ведущих осей, коэффициент сопротивления качению уменьшается. Так, переход от двух осей к четырем может снизить коэффициент сопротивления на 20...30%. В то же время автор предлагает применять число ведущих осей не более четырех из-за увеличения потерь в трансмиссии.

Навешивание дополнительного оборудования увеличивает сцепной вес, приходящийся на передний управляемый мост, а это в свою очередь ухудшает управляемость и увеличивает нагрузку на передние колеса. Поэтому в этих условиях наиболее рациональным способом является перераспределение части веса, приходящегося на передний управляемый мост, на дополнительный ведущий. Это в свою очередь позволит лучше использовать сцепной вес и увеличить площадь пятна контакта за счет увеличения числа колес.

Таким образом, одним из наиболее рациональных способов повышения тягово-сцепных свойств колесных тракторов на транспортных работах является корректирование вертикальных нагрузок на его колеса, обеспечивающее увеличение веса на задние колеса трактора, которые являются у современных универсально-пропашных тракторов основными (или единственными) ведущими колесами.

Список использованных источников:

[1]. *Лурье А.Б.* Расчет и конструирование сельскохозяйственных машин. – М.: Машиностроение, 1977. – 6 с.

[2]. *Барский И.Б.* Конструирование и расчет тракторов. – М.: Машиностроение, 2008. - 354 с.

[3]. *Кутьков Г.М.* Теория трактора. – М.: Колос, 2006. - 287 с.

[4]. *Савочкин В.А.* Тяговая динамика трактора. - М.: Колос, 2004. - 145 с.

Ерохин Сергей Сергеевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: eroha.88@mail.ru

Сидоров Владимир Николаевич - д-р техн. наук, заведующий кафедрой КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: sidorov-kaluga@yandex.ru

М.В. Голубев, С.В. Матвеев

ТРЕХКОНТУРНАЯ ТОРМОЗНАЯ СИСТЕМА

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

Многие автовладельцы не раз сталкивались с проблемой выхода из строя одного из контуров тормозной системы. Неоднократно это являлось причиной аварий.

Двухконтурный тормозной привод применяется на автомобилях с 1987 года выпуска. Его отличием является то, что тормозной гидравлический привод разделен на два контура. Управление осуществляется одной педалью. Снижение давления в одном из контуров не приводит к выходу из строя второго контура. Нажатие на педаль перемещает поршни переднего и заднего контуров в главном тормозном цилиндре. (рис. 1). Схема компоновки гидропривода: 1 - главный тормозной цилиндр с вакуумным усилителем; 2 - регулятор давления жидкости в задних тормозных механизмах; 3-4 - рабочие контуры.

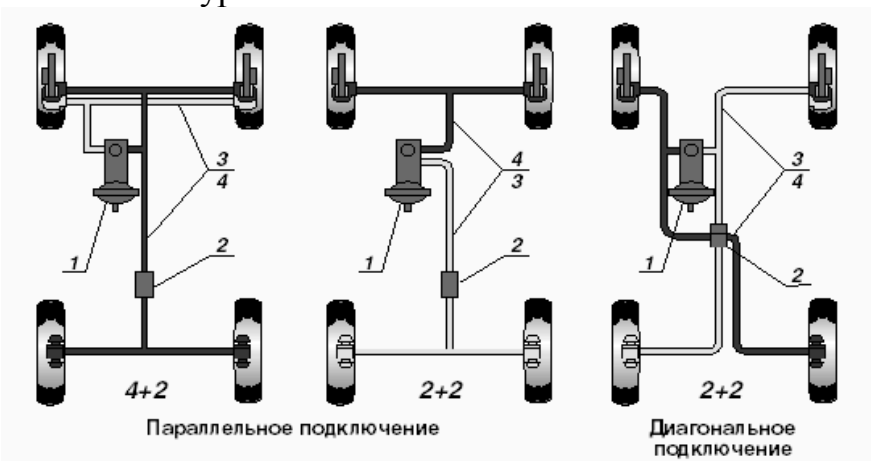


Рис.1

Согласно требованиям ЕЭС рабочий контур должен делиться на основной и вспомогательный. Если вся система исправна, то работают оба, но при разгерметизации одного - другой продолжает работать, становясь вспомогательным (аварийным) [1].

Первый вариант заключается в том, что один контур действует на все колеса, а второй - только на передние и обеспечивает 2/3 тормозного усилия передних колес (“Москвич”, “Нива”). В результате при отказе первого контура тормозной путь увеличится примерно на треть, а при неисправности второго — тоже на треть при нормальном торможении и всего на 10% - при торможении на “юз”. Таким образом, эта схема наиболее безопасна, но требует сложных и дорогих суппортов. Второй вариант заключается в том, что один контур действует на тормоза передней оси, а другой – на заднюю ось (“Жигули”, “Волга”, УАЗ). Недостаток её вытекает из того, что передняя ось обеспечивает 60-70% тормозных сил, а задняя – только 30-40%. При выходе

из строя первого контура тормозной путь удлиняется почти втрое. Третья схема – диагональная (переднеприводные ВАЗы, ИЖ-2126, “Таврия”). Один контур действует на правое переднее и левое заднее, а второй – на левое переднее и правое заднее колёса**.** При неисправности любого из контуров тормозной путь увеличивается вдвое и возможен разворот автомобиля [1,2].

В связи с этим была предложена концепция нового типа тормозного привода (рис. 2) со схемой компоновки гидравлического привода трехконтурной тормозной системы: 1 - два главных тормозной цилиндра с вакуумным усилителем; 2 - регулятор давления жидкости в задних тормозных механизмах; 3-4-5 - рабочие контуры.

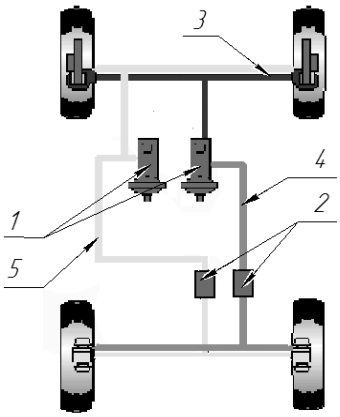


Рис.2

Преимущества данной схемы заключаются в том, что при выходе из строя любого из контуров тормозная система сохраняет свою работоспособность неизменной, следовательно, снижается риск аварийной ситуации. Учитывая степень развития техники, данную систему можно подвергаться большему количеству видов регулировок, так как она связана непосредственно с ЭБУ. К недостаткам данной системы можно отнести усложнение конструкции и включения дополнительных элементов. Таким образом, данную конструкцию можно применять во всех типах легковых автомобилей. Она отвечает всем требованиям безопасности и более того, она способствует повышению безопасности движения.

Список литературы:

[1]. Гришкевич А.И. Автомобили. Конструкция, конструирование и расчет. Системы управления и ходовая часть. Под редакцией д-ра техн. наук проф. Минск: Высшая школа, 2007.

[2]. Осепчугов В.В., Фрумкин А.К. Автомобиль: анализ конструкций, элементы расчета: учебник. – М.: Машиностроение, 2009.

Голубев Михаил Викторович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: klevsuh1@yandex.ru.

Матвеев Сергей Валентинович - ассистент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: 1matveevm72@yandex.ru.

В.В. Щеглов, С.А. Плахов

УСТАНОВКА РОТОРА НА НЕОДИМОВЫХ МАГНИТАХ В АВТОМОБИЛЬНЫЙ ГЕНЕРАТОР

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

Генератор - самый активно нагруженный элемент электрической системы автомобиля. Он предназначен для выработки электрической энергии и поддержания заданного напряжения бортовой сети автомобиля.

Во время движения автомобиля частота оборотов вала генератора достигает 10-14 об/мин. Это самая большая скорость вращения среди всех узлов автомобиля, в 2-3 раза превышающая частоту оборотов двигателя. Этим объясняется то, что срок службы у генератора примерно в два раза меньше, чем у двигателя - примерно 160 тыс. километров пробега автомобиля.

Генераторы бывают двух видов: генератор переменного тока (используется на большинстве легковых автомобилей) и генератор постоянного тока (используется на большинстве автомобилей, работающих в автохозяйствах) [1].

Генератор переменного тока состоит из двух основных частей: статора с неподвижной обмоткой, в которой индуцируется переменный ток, и ротора, создающего подвижное магнитное поле, а также крышек, приводного шкива с вентилятором и встроенного выпрямительного блока.

Переменный ток генератора выпрямляется двухполупериодным трехфазным выпрямителем с полупроводниковыми диодами.

Генераторы переменного тока имеют ряд преимуществ по сравнению с генераторами постоянного тока. Ротор генератора переменного тока может вращаться с большей частотой, чем якорь генератора постоянного тока.

При большой частоте вращения якоря генератора постоянного тока ухудшается контакт между щетками и ламелями коллектора вследствие колебаний щеток при скольжении их по коллектору. Кроме того, под действием центробежных сил возможен выход обмоток из пазов якоря.

Для того чтобы напряжение при увеличении частоты вращения якоря не изменялось, необходимо пропорционально уменьшать магнитный поток возбуждения. При применении в генераторе электромагнитов [3] это можно обеспечить, уменьшая силу тока в обмотках возбуждения. На этом принципе основано регулирование напряжения автомобильных генераторов. Оно осуществляется с помощью электромагнитных вибрационных реле, называемых реле-регулятором.

Диагностика реле-регулятора генератора осуществляется с помощью диагностических стендов [2], где определяют напряжение включения генератора и зарядный ток. Напряжение, регулируемое реле-регулятором должно быть в пределах 13,9 - 14,5 В.

Для устранения указанных недостатков генератора и продления срока его службы предлагается модернизировать генератор за счет исключения

пар трения, замыкания и выхода обмоток из пазов якоря путём замены катушки возбуждения неодимовым постоянным магнитом.

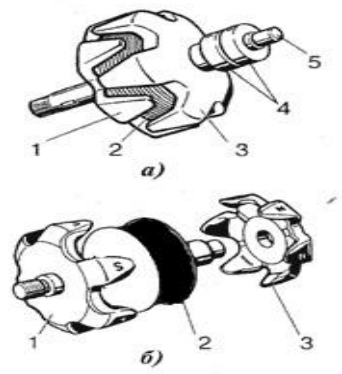


Рис. 1

а) ротор стандартного генератора

1 - S полюсная половина; 2 - обмотка возбуждения;3 - N полюсная половина 4 - контактные кольца; 5 - вал;

б) модернизированный ротор с неодимовым магнитом

1 - S полюсная половина; 2 - неодимовый магнит; 3 – N-полюсная половина.

В результате проведенной модернизации и проведенных лабораторных испытаний было установлено, что при 560–800 об/мин (обороты холостого хода автомобильного двигателя) модернизированный генератор выдает 14V при токе заряда 3А. Для сравнения штатный автомобильный генератор при тех же оборотах выдает всего 3,5V при токе заряда 2,5А. Учитывая тот факт, что потребление катушки возбуждения ротора составляет 2,5А при 12V и оно неизменно при холостом ходу или работе под нагрузкой, то можно сделать вывод, что модернизированный генератор на сравнительно малых оборотах способен обеспечить аккумулятору необходимый уровень зарядного тока против штатного генератора, который не способен покрыть даже свои расходы на катушку возбуждения ротора.

Список использованных источников:

[1]. Богатырев А.В. Автомобили / А.В. Богатырев, Ю.К. Есеновский-Лашков, М.Л. Насоновский, В.А. Чернышев. – М.: Колос, 2005. – 496 с.

[2]. Кутьков Г.М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства. – М.: КолосС, 2004. – 504с.

[3]. Википедия. Неодимовый магнит. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Неодимовый_магнит (дата обращения 20.03.2015).

Щеглов Виктор Витальевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: 40hamann40@gmail.ru.

Плахов Сергей Александрович - ст. преп. КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга. E-mail: sa.plahov@yandex.ru.

СЕКЦИЯ 8.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ

УДК 519.832.2

Э.А. Серокуров, С.Е. Степанов

РАЗВИТИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В КОМПЬЮТЕРНЫХ ШАХМАТАХ И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧАХ

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

Описан принцип действия искусственного интеллекта в компьютерных шахматах. Доказана несостоятельность и невозможность идеальной игры компьютера в шахматы методом полного перебора всех возможных вариантов. Изложены подходы, применяемые в шахматах для поиска наилучшего хода в текущей позиции. Рассмотрены основные алгоритмы, применяемые в компьютерных шахматах: минимакс, альфа-бета отсечение, итерационный поиск по глубине. Для каждого из алгоритмов описан принцип действия, указаны его преимущества и недостатки. Проведено вычисление сложности и ёмкости каждого из алгоритмов, на основе чего дано формальное обоснование использования данных методов. Приведены оценки этих алгоритмов с точки зрения эффективности оптимизации, оценены риски их применения. Указаны возможные области практического применения для переноса описанных алгоритмов компьютерных шахмат.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, компьютерные шахматы, алгоритмы оптимизации, деревья, поиск.*

Введение. Многие практические задачи могут быть математически чётко формализированы и описаны в терминах двоичной логики. Игра в шахматы является ярким примером одной из таких задач. Будучи чётко описанной правилами и имея относительно простую логическую структуру, шахматы могут быть описаны на языке программирования.

Первым такую идею высказал Клод Шеннон [1]. Теоретически в шахматах существует лучший ход, но практически его найти невозможно. С тех пор основной задачей для программистов было максимально приблизиться к такому ходу. Можно доказать, что число партий и всех возможных комбинаций на доске хоть и очень велико, но всё же ограничено (уникальных партий — 10^{120}). На практике это означает, что, имея самый полный анализ текущей позиции и всех возможных исходов, можно выбрать лучший ход в конкретной ситуации.

В то время, когда была поднята эта тема, технические средства не позволяли осуществить ни полный перебор вариантов, ни даже их сколько-

нибудь значимую часть, а также не было никаких наработок в сфере логического проектирования. Поэтому исторически для решения данной задачи — косвенно или напрямую — было сделано два основных пути: прогресс в технической части и исследования в теоретической. Данная статья затронет только вторую из них. В ней приведён обзор основных алгоритмов оптимизации поиска по дереву, используемых в компьютерных шахматах, приведена оценка качественной характеристики, влияние использования этих алгоритмов на быстродействие программы. В конечном итоге показано влияние наработок в сфере искусственного интеллекта на решение прикладных задач большей важности, а также дана суммарная оценка значимости описанных в статье методов.

Алгоритмы. В среднем в каждой позиции можно совершить около сорока полуходов (одним полуходом считается ход белых или чёрных; один ход состоит из двух полуходов). Продолжительность обычной игры составляет примерно 75 полуходов. Следовательно, количество различных позиций на доске:

$$40^{75} \cong 10^{120},$$

что гораздо больше, чем число атомов во всей обозримой вселенной (10^{90}). Очевидно, что просчитать все позиции невозможно как минимум на текущем уровне развития техники. Но, несмотря на это, компьютеры умеют играть в шахматы, и при том очень хорошо.

Для реализации игры в шахматы, как правило используется поиск по дереву. Смысл его заключается в рассмотрении возможных игровых позиций в виде дерева, ветви которого являются возможными ходами, а листья — всеми заключительными положениями, для которых результат игры известен. Каждая просчитываемая позиция имеет свой вес, который считается на основании многих факторов. Одной из двух главных составляющих является количество материала (пешки и фигуры). В статье Шеннона, к примеру, пешка оценивается как 1 пункт, слон и конь — по 3, ладья — 5, ферзь — 9, а король — 200. У каждой конкретной программы абсолютные значения могут различаться, но соотношение остаётся примерно тем же, за исключением короля, которого в советской машине Каисса оценивали в 1 000 000, чтобы исключить возможность просчёта мата, а в современных программах считают либо бесценным, либо дают ему максимально возможное значение. Другой главной составляющей является оценка позиции, что представляется уже гораздо более сложной задачей, так как учесть и интерпретировать нужно большое количество факторов. К примеру, даже положение на одном и том же поле будет оцениваться по-разному для каждой фигуры, учитываться будет и расстояние от края; кроме того, учитывается также заблокированность или защищённость фигуры, открытость короля и так далее. Но главной проблемой остаётся поиск по дереву возможных позиций.

Минимакс. Основным алгоритмом поиска наилучшего хода является алгоритм минимакс. Так как шахматы являются игрой с нулевой суммой, то оценка позиции одним игроком (например, играющим чёрными фигурами) является противоположной к оценке второго игрока. Можно считать, как принято в теории игр, что оба игрока выбирают лучшие для себя ходы, то есть поиск по шахматному дереву — чередование между поиском максимума в оценке позиции в дереве для первого игрока (играющего чёрными) и поиском минимума в оценке позиции со стороны второго игрока (играющего белыми). В корне дерева ищется лучшая последующая позиция для игрока, которому принадлежит очередь хода; на следующем уровне — лучшая последующая позиция с точки зрения противника, и так далее. Ниже представлено дерево, иллюстрирующее результат работы данного алгоритма (числа в каждой из вершин графа — оценки позиций для каждого из игроков):

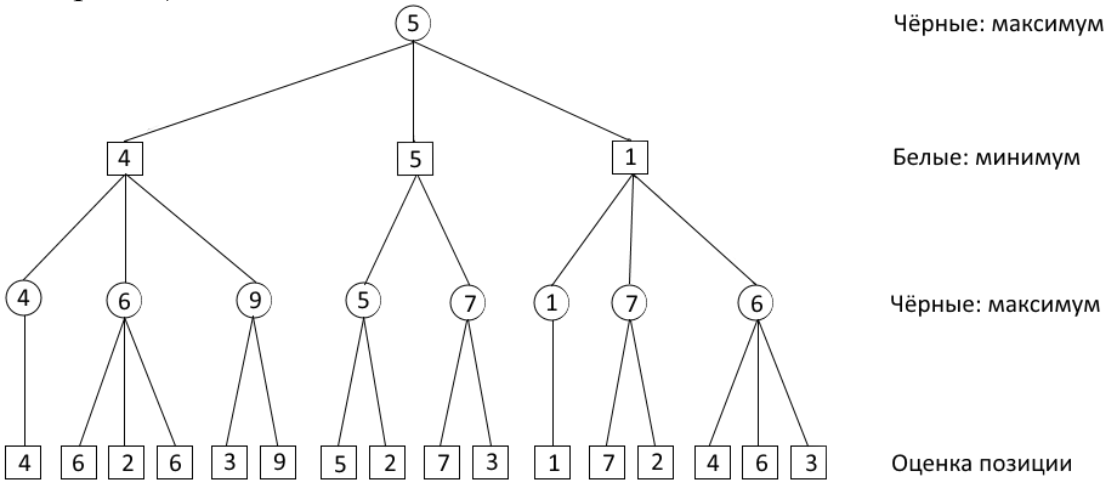


Рис. 1. Минимакс

Пусть среднее количество возможных полуходов в каждой позиции равно b. Тогда, если обозначить глубину анализа, т.е. высоту данного дерева, за d, сложность алгоритма:

$$O(b * b * b * \ldots * b) = O(b^d) \qquad (1)$$

Так как сложность экспоненциальная, то затраты по времени очень высокие.

Альфа-бета отсечение. Альфа-бета (α–β) отсечение — первое и главное усовершенствование для сокращения количества просматриваемых позиций, что, соответственно, позволяет достичь большей глубины за то же самое количество времени. Принцип основан на использовании известных значений альфы и беты — максимума и минимума. Изначально переменная альфа α, соответствующая известному максимуму родительской вершины, инициализируется как –∞, а бета β, соответствующая известному минимуму, как +∞. В случае, если в вершине k значение $\beta \leq \alpha$, вся рассматриваемая ветвь с дочерними ветвями и все оставшиеся ветви вершины

k–1 обрезаются, и поиск продолжается на следующей ветви вершины *k–2*. Ниже представлено упрощённое дерево, иллюстрирующее результат работы данного алгоритма, где серым цветом закрашены вершины, на которых не проводятся вычисления, и зачёркнуты ветви, которые не рассматривает алгоритм альфа-бета отсечения:

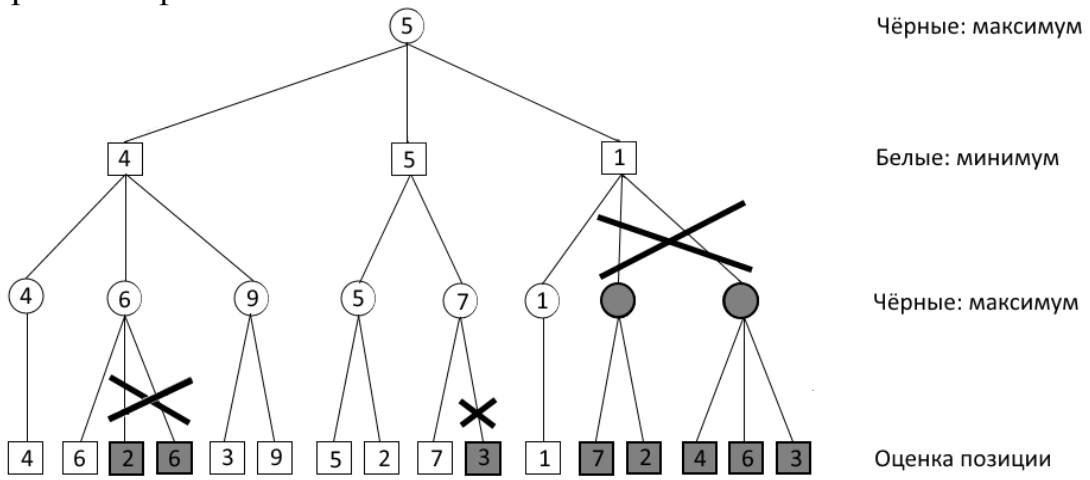


Рис. 2. Альфа-Бета отсечение

Пусть среднее количество возможных ходов в каждой позиции равно b. Тогда, если принять глубину дерева за d, сложность алгоритма в наихудшем случае (дерево отсортировано, лучший ход является последним на уровне) равна:

$$O(b * b * \ldots * b) = O(b^d) \quad (2)$$

Сложность по-прежнему экспоненциальная, затраты по времени очень высокие. В лучшем случае, когда лучший ход рассматривается первым, сложность равна:

$$O(b * 1 * b * 1 * \ldots * b * 1) = O(b^{\frac{d}{2}}) \quad (3)$$

как доказал в своей работе Джуда Перл [2], установивший, что оптимальное количество рассматриваемых ходов равно $\sqrt{b}$. На практике ситуация близка к оптимальной, что позволяет просматривать дерево на глубину до $2 * d$.

Итерационный поиск по глубине [3]. Представленные выше алгоритмы поиска являются рекурсивными, что заметно влияет на использование памяти при их реализации. Чтобы избежать этого, в основном в компьютерных шахматах используется *итерационный поиск по глубине*. При этом повторяется вызов процедуры перебора на фиксированную глубину с увеличением глубины, пока установленный лимит времени не превышен или максимальна глубина поиска не достигнута. Преимущество этого метода состоит в том, что не нужно выбирать глубину поиска заранее; кроме этого, всегда можно использовать результат последнего законченного поиска. Также, вследствие того, что множество лучших ходов и оценок позиции может быть помещено в таблице перестановок, более глубокие деревья по-

иска могут иметь лучшее упорядочение ходов, чем в случае, когда поиск начнёт осуществляться сразу с глубокого уровня. Таблица перестановок — хэш-таблица, в которую заносятся просмотренные позиции на доске с известными значениями весов: если в процессе поиска обнаруживается позиция, для которой уже известен лучший ход, то дальнейший анализ позиции прекращается. Также значения, возвращённые от каждого поиска, могут использоваться, чтобы корректировать α–β окно стремления следующего поиска, когда альфа и бета инициализируются не как –∞ и +∞, а как конкретно заданные значения.

Количество вычислений, необходимое совершить на уровне $d-1$, равно

$$S = 1 + b + b^2 + \cdots + b^{d-1} = \frac{b^d - 1}{b - 1} \cong b^{d-1}; \quad (4)$$

Следовательно, количество вычислений, которое нужно совершить на одном уровне, в большей степени зависит от количества листьев на этом уровне.

Общее количество вычислений на глубине d равно:

$$S = b^d + 2b^{d-1} + 3b^{d-2} + \cdots + k * b = b^d (\frac{b}{b-1})^2; \quad (5)$$

Данный алгоритм становится эффективным на достаточно большой глубине, так как

$$\lim_{b \to \infty} \left(\frac{b}{b-1}\right)^2 = 1; \quad (6)$$

Сложность алгоритма по времени по–прежнему $O(b^d)$.

Результаты. Алгоритм *минимакс* является эквивалентом метода *грубой силы* и не выгоден при большом количестве вариантов перебора. *Альфа-бета отсечение* является алгоритмом оптимизации, а не аппроксимации, следовательно, использование данного алгоритма не влияет на качество выбираемого хода. Данный метод позволяет затрачивать до половины вычислительной мощности. *Итерационный поиск по глубине*, являясь комбинацией *поиска по глубине* и *поиска по ширине*, совмещает достоинства обоих вышеприведённых алгоритмов, но избавлен от их недостатков. В алгоритме итерационного поиска по глубине ёмкость (количество используемой памяти) составляет $O(bd)$, тогда как в алгоритме поиска по ширине — $O(b^d)$, что приводит к заметному увеличению быстродействия программы из-за более оптимального использования памяти. Итерационный поиск по глубине позволяет также избежать зацикливаний при поиске решения.

Обсуждение. *Альфа-бета отсечение* в задачах целочисленного линейного программирования носит название метода ветвей и границ. Данный метод используется для решения некоторых NP-полных задач, в том числе задачи коммивояжёра и задачи о ранце.

Итерационный поиск по глубине может быть использован как в задачах перебора с ограничением на время, так и в задачах классификации и кластеризации с ограничением по высоте дерева для подавления проблемы переобучения, а также в задачах реального времени. В теории графов данный алгоритм гарантирует нахождение оптимального пути, в отличие от простого *поиска по глубине*. *Итерационный поиск по глубине* может применяться для поиска по бесконечному графу, так как в случае прерывания работы алгоритма, используется значение, найденное на предыдущем уровне.

Пристатейный библиографический список.

[1] Shannon C. Programming a Computer for Playing Chess. *Philosophical Magazine*, 1950, Ser.7, Vol. 41, No. 314

[2] Pearl J. The Solution for the Branching Factor of the Alpha-Beta Pruning Algorithm and its Optimality. *Communications of the ACM*, 1982, Vol. 25, No. 8

[3] De Groot A.D. *Thought and Choice in Chess*. Mouton & Co Publishers. The Hague, 1965, 484 p.

Серокуров Эльдар Александрович — студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: el_daro@outlook.com.

Степанов Сергей Евгеньевич — канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры ФН3–КФ «Высшая математика» КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: stepanov@bmstu-kaluga.ru.

E.A. Serokurov, S.E. Stepanov

THE DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN COMPUTER CHESS AND ITS USAGE IN APPLIED TASKS

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Kaluga, 248000, Russia

The working principle of artificial intelligence in computer chess was described. The impossibility of the perfect chess-playing machine with the brute-force method was proved. The best step search methods according a current position are under consideration. The review of the main computer chess algorithms as minimax, alpha-beta pruning, iterative deepening depth-first search is proposed. The working principles of each of them were given as well as the advantages and disadvantages. The different kinds of complexity of the described algorithms were calculated thus proving the possibility of using these methods. The efficiency of these optimization algorithms was given, the risks of their usage were considered. The possible ways to apply the proposed algorithms for various tasks were discussed.

Keywords: *artificial intelligence, computer chess, optimization algorithms, tree, search.*

References

[1] Shannon C. Programming a Computer for Playing Chess. *Philosophical Magazine*, 1950, Ser.7, Vol. 41, No. 314

[2] Pearl J. The Solution for the Branching Factor of the Alpha-Beta Pruning Algorithm and its Optimality. *Communications of the ACM*, 1982, Vol. 25, No. 8

[3] De Groot A.D. *Thought and Choice in Chess*. Mouton & Co Publishers. The Hague, 1965, 484 p.

Serokurov E.A., a student of the Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: el_daro@outlook.com.

Stepanov S.E., Ph.D, assoc. professor of the Higher Mathematics Department at Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: stepanov@bmstu-kaluga.ru

Ю.В. Обрубов, Н.Д. Влайков

ВЫБОР АСТЕРОИДОВ, РОДСТВЕННЫХ АПОФИСУ, ПО ПРИВЕДЕННОМУ КРИТЕРИЮ САУТВОРТА-ХОКИНСА

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

Среди околоземных астероидов, представляющих опасность для жизни на Земле из-за возможных столкновений, особый интерес представляют астероиды группы Атона. К ним относятся астероиды с периодом обращения вокруг Солнца менее одного года, то есть с большими полуосями орбит меньше расстояния Земли от Солнца и афелийными расстояниями больше этого расстояния, равного 1 а.е.. В частности астероид (99942) Апофис является потенциально опасным, так как в настоящий период приближался к Земле на расстояния порядка 0,001 а.е.. Предсказывается также возможность его столкновения с Землей в 2029 г. или в 2035 г.

На первом этапе поиска астероидов группы Атона, родственных (99942) Апофису, нами [1] было выделено 49 астероидов из каталога [2]. Поиск проводился по значениям «постоянных» C_1, C_2 [3,4], с учетом их изменений в результате эволюции орбиты Апофиса. Значения C_1 и C_2 вычислялись по формулам:

$$C_1 = \left(1-e^2\right)\cos^2 i \ , \ C_2 = e^2\left(0{,}4-\sin^2 i \sin^2 \omega\right), \qquad (1)$$

в которых e, i, ω - эксцентриситет, наклон и аргумент перигелия соответственно.

Постоянство C_1 и C_2 было установлено на основании решения дважды осредненной ограниченной задачи трех тел, то есть по вековым возмущениям элементов орбит. Естественно, что дифференциальные возмущения нарушают предпосылки постоянства, а следовательно C_1 и C_2 будут изменяться в некоторых пределах. Результаты вычисления дифференциальных возмущений методом Эверхарта [5] показали, что значения C_1 и C_2 для орбиты астероида Апофис изменяются в пределах: $0{,}939 \le C_1 \le 0{,}967$, $0{,}012 \le C_2 \le 0{,}025$. В эти интервалы вошли 49 астероидов группы Атона, положение которых на плоскости C_1C_2 представлено на рисунке 1.

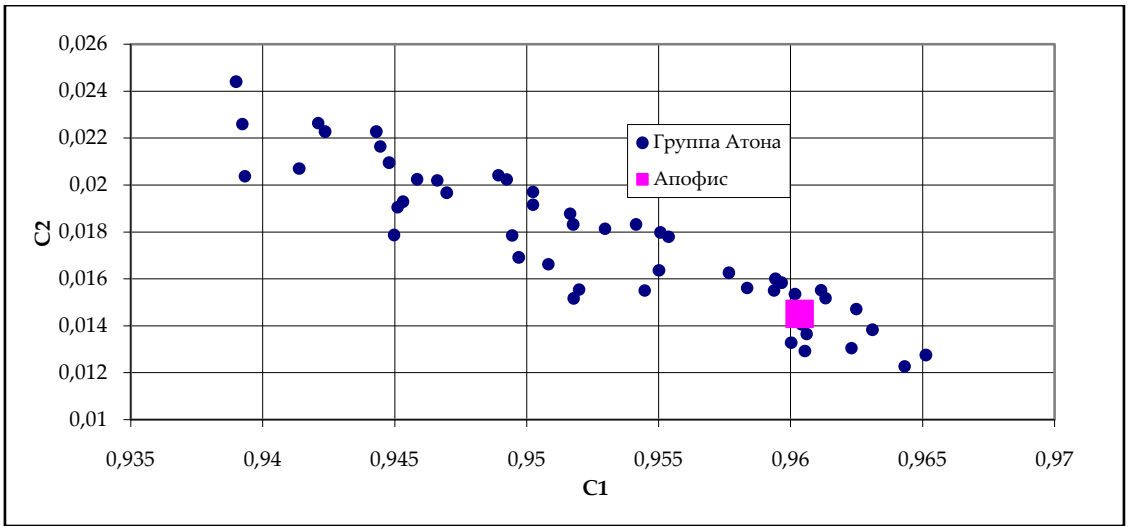


Рисунок 1. Апофис и 49 астероидов группы Атона на плоскости C_1C_2.

Затем для каждого из выделенных объектов был вычислен D_{sh}- критерий Саутворта-Хокинса [6] по отношению к Апофису.

Значение критерия вычислялось по формуле (2):

$$D^2 = (\Delta e)^2 + (\Delta q)^2 + 4\sin^2\frac{\Delta i}{2} + 4\sin_1 \sin i_2 \sin^2\frac{\Delta\Omega}{2} + (e_1 + e_2)^2 \sin^2\frac{\Delta\pi}{2} \quad (2)$$

где $\Delta e = e_1 - e_2, \Delta i = i_1 - i_2, \Delta q = q_1 - q_2, \Delta\Omega = \Omega_1 - \Omega_2, \Delta\pi = \pi_1 - \pi_2$, 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.

Значения D_{sh}- критерия для исследуемых объектов оказались в пределах $0{,}065 \le D_{sh} \le 0{,}444$. Считается, что объекты могут быть генетически взаимосвязаны, если значение D_{sh}-критерия не превышает 0,2. Среди 49 отобранных объектов было выделено 15, для которых $D_{sh} < 0{,}2$. Значения D_{sh}-критерия выделенных объектов относительно Апофиса представлены в Таблице 1.

Таким образом, удалось существенно уменьшить численность астероидов, возможно связанных с астероидом Апофис и подлежащих более детальному исследованию.

Как было показано в нашей работе [7], значения критериев D_{sh}, C_1, C_2 изменяются в процессе эволюции орбиты. «Постоянные» Лидова C_1, C_2 подвержены наименьшим изменениям, в то время как изменения D_{sh} могут быть существенными. В этой связи поиск астероидов, основанный на текущем значении D_{sh}-критерия может сужать множество возможно связанных объектов.

Большие значения D_{sh}-критерия Саутворта и Хокинса возникают, в том числе, при сравнении орбит, которые находятся в различных эволюционных положениях. Поэтому перед вычислением этого критерия необхо-

димо привести сравниваемые орбиты в одинаковые эволюционные положения. Эволюционное положение или состояние орбиты обычно характеризуют значением аргумента перигелия - ω. Будем считать, что орбиты находятся в одинаковых эволюционных состояниях, если аргументы перигелиев их орбит совпадают. Значение аргумента перигелия определяет, в некотором смысле или с некоторой точностью, 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 [8], 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 [9,10]:

$$e_{\min} = \sqrt{2{,}5\,C_2}, \quad i_{\max} = \arccos\sqrt{\frac{C_1}{1-e_{\min}^2}}; \quad \omega = 0^0 \text{ èëè } 180^0;$$

$$e_{\max} = \sqrt{\frac{5}{6}(d + \sqrt{d^2 + 2{,}4\,C_2})}, \quad i_{\min} = \arccos\sqrt{\frac{C_1}{1-e_{\max}^2}}; \quad \omega = 90^0 \text{ èëè } 270^0; \tag{3}$$

В формулах (3) $d = \frac{3}{5} - (C_1 + C_2)$.

В нашем исследовании все орбиты астероидов группы Атона мы привели в одинаковое эволюционное положение, соответствующее значению аргумента перигелия $\omega = 0^0$. Для этого по формулам (3) мы вычислили минимальные значения эксцентриситетов и максимальные значения наклонов орбит всех астероидов группы Атона. Полагая большие полуоси орбит a неизменными, мы вычислили также максимальные значения перигелийных расстояний - $q_{\max} = a(1 - e_{\min})$.

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 $\pi = \Omega + \omega = const$ и тогда для $\omega = 0$ долгота узла полагалась равной долготе перигелия исходной орбиты $\Omega = \pi$.

Таким образом, все исследуемые орбиты были приведены в одно эволюционное положение. Для полученных орбит по формулам (4) был вычислен приведенный критерий Саутворта и Хокинса - $D_{\omega=0}$.

Значение этого критерия вычислялось по формуле:

$$D_{\omega=0}^2 = (\Delta e_{\min})^2 + (\Delta q_{\max})^2 + 4\sin^2\frac{\Delta i_{\max}}{2} + \left[4\sin_{1\max}\sin i_{2\max} + (e_{1\min} + e_{2\min})^2\right]\sin^2\frac{\Delta\pi}{2} \quad (4)$$

где $\Delta e_{\min} = e_{1\min} - e_{2\min}$, $\Delta i_{\max} = i_{1\max} - i_{2\max}$, $\Delta q_{\max} = q_{1\max} - q_{2\max}$, $\Delta\pi = \pi_1 - \pi_2$.

Результаты вычислений и поиска представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Значения D_{sh} и приведенного $D_{\omega=0}$- критерия ($D_{\omega=0} < 0,2$).

№	Объект	D_{sh}-критерий	$D_{\omega=0}$-критерий
1	(2012 DK4)	0,06496	0,053003
2	(2012 XL16)	0,091953	0,081538
3	(2012 BN1)	0,101095	0,039297
4	(2004 BY1)	0,111038	0,069046
5	(2002 CW11)	0,120777	0,101429
6	(2012 FT35)	0,122837	0,125071
7	(2002 VX91)	0,129308	0,131551
8	(2014 FK38)	0,143875	0,059924
9	(2007 EC)	0,148933	0,093945
10	(2011 CH22)	0,157105	0,155121
11	(2012 BK14)	0,158653	0,152091
12	(2010 FN)	0,163929	0,164711
13	(2002 XY38)	0,188515	0,18943
14	(2006 XP4)	0,193965	0,192857
15	(2012 CM2)	0,19657	0,145788
16	(2011 CQ1)	0,202037	0,168434
17	(2000 YS134)	0,203414	0,18353

В Таблице 1 содержится два астероида не выявленных на предварительном этапе поиска: 2011 CQ1 и 2000 YS134. Для этих двух астероидов начальные значения $D_{sh} > 0,2$, тогда как приведенные значения $D_{\omega=0} < 0,2$. В результате выявлена группа астероидов, для которых возможность генетической взаимосвязи наиболее вероятна, так как выполняются необходимые условия близости орбит. Наибольший интерес с точки зрения установления генетической связи представляют объекты, имеющие наименьшие значения данных критериев. Следующим этапом исследования будет вычисление дифференциальных планетных возмущений орбит выделенных астероидов и попарное сравнение оскулирующих орбит с помощью критериев их близости.

Список литературы

[1]. Обрубов Ю. В., Влайков Н. Д. Поиск астероидов, родственных Апофису, по уравнению регрессии эволюции элементов орбит // Материалы Всероссийской НТК «Наукоемкие технологии в приборо- и машиностроении и развитие иновационной деятельности в ВУЗе, КФ МГТУ, Калуга, 2014 Т.2, С.310-313

[2]. ATE orbital elements URL: // http://neo.jpl.nasa.gov/cgi-bin/neo_elem (дата обращения 29.10.2014)

[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 нецентральности поля планеты // Косм. иссл. 1974. Т.12. №2. С. 155-170

[5]. Everhart E. Implicit single-sequence method for integrating orbit // Celestial mechanics, 1974, V. 10, P. 35-55

[6[. Southworth R.B. & Hawkins G.S. Statistics of meteor streams // Smith. Contrib. Astrophys., 1963, Vol. 7, P. 261-285

[7]. 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

[8]. Симоненко А.Н., Астероиды, или тернистые пути исследований. М., Наука, 1985. 208 с.

[9]. Бабаджанов П.Б., Обрубов Ю.В. О форме короткопериодических метеороидных роев // Докл. АН Тадж.ССР, 1987, т. 30, №8, С. 486-491

[10]. Babadzhanov P.B., Obrubov Yu.V. // Evolution of meteoroid streams. In Interplanetary matter, 1987, Praha, P. 141-150

Обрубов Юрий Викторович - д-р физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: obrubovyu@yandex.ru.

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

М.С. Дубинина, В.И. Кристя, М.Р. Фишер

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА ИОНИЗАЦИИ В СМЕСИ АРГОН-РТУТЬ ОТ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

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

В дуговых осветительных лампах в качестве рабочей среды используются смеси газов, в частности, аргона и паров ртути. После приложения достаточно большого напряжения U между их электродами происходит пробой газовой смеси и формируется тлеющий разряд, который затем переходит в дуговой.

Важной характеристикой рабочей среды лампы является коэффициент ионизации α, равный среднему числу ионизаций, производимых на единице длины в расчете на один электрон, и зависящий от напряженности электрического поля. Коэффициент ионизации ранее исследовался, главным образом, в чистых газах [1]. В данной работе рассчитан коэффициент ионизации в смеси аргон-ртуть с зависящей от температуры концентрацией ртути, где кроме прямой ионизации атомов газов электронами, происходит также ионизация атомов ртути метастабильными возбужденными атомами аргона (реакция Пеннинга) [3], и найдена аналитическая аппроксимация его зависимости от напряженности электрического поля при различных температурах вида:

$$\frac{\alpha}{N} = A\exp\left(-\frac{B}{E/N}\right), \qquad (1)$$

где A и B – константы, зависящие от используемого состава смеси, E – напряженность электрического поля, N – концентрация атомов смеси, зависящая от температуры T.

Расстояния, проходимые электроном в газе между столкновениями, тип и характеристики столкновений имеют вероятностный характер, поэтому для их описания необходимо применять статистические методы, в частности метод Монте-Карло [2]. В нем расчет траекторий первичных электронов производится последовательно на каждом шаге Δt, величина которого выбирается так, чтобы длина участка траектории, которую электрон проходит за этот промежуток времени, была меньше средней длины его свободного пробега. Вероятность столкновения электрона с атомом на таком участке, его тип, а также направление движения и энергия электрона после столкновения находятся из соответствующих формул теории столкновений с использованием случайных чисел [2 – 4]. Траектория каждого эмиттированного с катода электрона рассчитывается до достижения им анода или до его возвращения на катод.

В процессе расчета траекторий электронов формируется функция их распределения по скоростям в каждом интервале длиной $\Delta z = d/n$, на которые разбивается межэлектродный промежуток длины *d:*

$$f_e(z,v,v_z) = \frac{\gamma_i j_0}{e(1+\gamma_i)m_0|v_z|\Delta v \Delta v_z} \sum_{j=1}^{m(m_0)} \psi_j(z_i,v,v_z), \qquad (2)$$

где j_0 – плотность разрядного тока, γ_i – коэффициент ионно-электронной эмиссии катода, m_0 – число первичных электронов, покидающих катод, $m(m_0)$ – полное число электронов, Δv и Δv_z – шаги разбиения диапазонов изменения полной скорости электрона v и ее продольной составляющей v_z, $\psi_j(z_i,v,v_z)$ – число пересечений *j*-м электроном, находящимся в ячейке $\Delta v \Delta v_z$ пространства скоростей, плоскости z_i.

После этого вычисляется количество электронов $\Delta n_e(z_i)$, образующихся при пеннинговской ионизации, и соответствующее количество вторичных электронов Δm_i [3]:

$$\Delta m_i = \frac{e(1+\gamma)m_0}{j_0\gamma} \Delta n_e(z_i)\Delta z. \qquad (3)$$

Затем снова находится функция распределения электронов по скоростям. Такая процедура повторяется до тех пор, пока относительная разность значений величин, вычисленных в двух последовательных итерациях, станет достаточно малой.

Затем вычисляется коэффициент ионизации смеси по формуле

$$\alpha(z_i,U/d) = \frac{\sum\sum\left[N_{Ar}\sigma_{iAr}(v) + N_{Hg}\sigma_{iHg}(v)\right] f_e(z_i,v,v_z) v \Delta v \Delta v_z + \Delta n_e(z_i)}{\sum\sum f_e(z_i,v,v_z) v_z \Delta v \Delta v_z}, \qquad (4)$$

где $\sigma_{iAr}(v)$ *и* $\sigma_{iHg}(v)$ – сечения ионизации атомов аргона и ртути электронами.

Рассчитанные таким методом значения α при различных значениях E/N при $T = 243K$ и $T = 323K$ показаны точками на рис. 1.

При построении аппроксимации зависимости $\alpha(E/N)$ вида (1) ее удобно представить в форме:

$$\ln(\alpha/N) = \ln A - \frac{B}{E/N}, \qquad (5)$$

или

$$y = a + bx, \qquad (6)$$

где $y = \ln(\alpha/N)$, $x = N/E$, $\ln A = a$, $B = b$.

Так как зависимость y(x) является линейной, ее коэффициенты a и b находятся методом наименьших квадратов, а затем коэффициенты A и B вычисляются из соотношений

$$A = e^a, \quad B = -b. \qquad (7)$$

Табл. 1. Значения коэффициентов А и В при Т = 243К и Т = 323К

T, K	243	323
A	19,74	19,68
B	330,31	195,38

Результаты расчетов представлены в табл.1, а на рис.1 линиями изображены соответствующие зависимости $\alpha(E/N)$.

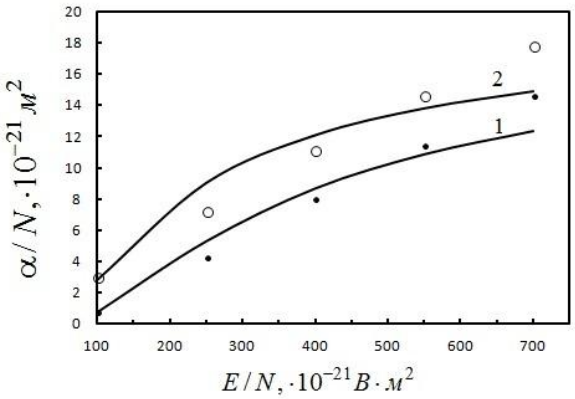


Рис. 1. Зависимость коэффициента ионизации от напряженности поля в смеси газов аргон-ртуть при Т = 243К (1) и Т = 323К (2)

Видно, что они достаточно хорошо согласуются со значениями α, рассчитанными методом Монте-Карло, и могут быть использованы при расчете характеристик разряда в смеси аргон-ртуть.

Список литературы

[1] Райзер, Ю.П. *Физика газового разряда*. Наука: М., 1987, 537 с.

[2] Кристя В.И, Фишер М.Р. Моделирование методом Монте-Карло ионизации газа в межэлектродном промежутке слаботочного разряда в смеси аргон–ртуть. *Изв. РАН. Серия физикическая,* 2010, т.74, № 2, с. 298-301.

[3] Кристя В.И, Фишер М.Р. Влияние эмиссионных свойств электрода и температуры газа на напряжение зажигания разряда в смеси аргона с парами ртути. *Изв. РАН. Серия физикическая,* 2012, т.76, № 5, с. 673-677.

[4] Belostotskiy S. G., Donnelly V. M., Economou D. J. Influence of gas heating on high pressure dc microdischarge I– V characteristics. *Plasma Sources Sci. Technol.* 2008, № 4, 5018.

Дубинина Мария Сергеевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: bodhisattvavpered@gmail.com.

Кристя Владимир Иванович – д-р физ.-мат. наук, профессор КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kristya@bmstu-kaluga.ru.

Фишер Максим Робертович - канд. физ.-мат. наук, доцент, КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: maxrf76@gmail.com.

Ю.В. Обрубов, Н.Д. Влайков, А.М.Рыжов

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ СРЕДНИХ НАКЛОНОВ И ЭКСЦЕНТРИСИТЕТОВ ОРБИТ АСТЕРОИДОВ ГРУППЫ АТОНА

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

В последнее время все чаще встречается термин «астероидная опасность». Группа астероидов Атона, это одна из трех групп околоземных астероидов, орбиты которых пересекают или могут пересечь орбиту Земли. Некоторые из астероидов группы Атона могут столкнуться с Землей и представляют потенциальную опасность для нашей планеты. На данный момент открыто более 912 астероидов группы Атона, и это число увеличивается с каждым месяцем. Изучение структуры и эволюции орбит астероидов группы Атона, выявление закономерностей и поиск взаимосвязей между членами этой группы является важной задачей обеспечения безопасности жизни на Земле.

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 какой-либо из аномалий – истинной v, средней M или эксцентрической E. 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. Аномалии определяют положение тела на орбите в момент времени T.

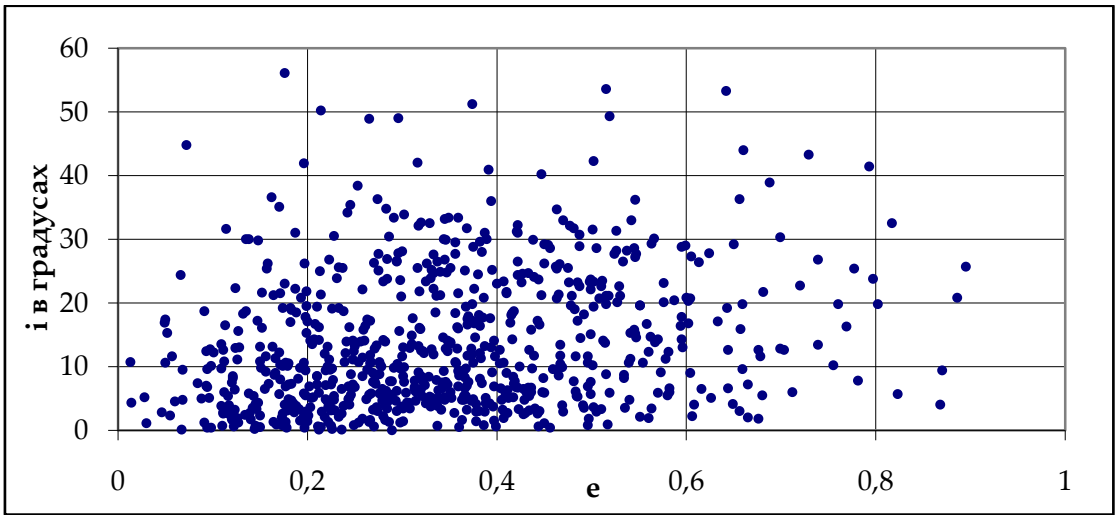


Рис. 1 Распределение астероидов группы Атона в плоскости (e, i)

В данной работе мы рассмотрим распределение орбит астероидов группы Атона на плоскости (e, i). Исходные значения элементов орбит были взяты из каталога Национального космического агентства США - NASA [1]. На рисунке 1 показано положение объектов на плоскости в соответствии со значениями угла наклона орбиты – i в градусах и эксцентриситета – e.

Однако в процессе эволюции под действием планетных возмущений, кеплеровы элементы орбиты подвержены изменениям. Эти изменения были вычислены нами по методу Эверхарта [2] с учетом возмущений от всех больших планет и с учетом взаимных возмущений орбит и самих больших планет. Вычислений были выполнены для астероида 2001 BB16 из группы Атона. Исходные элементы орбиты этого астероида приведены в таблице 1.

Элементы орбиты астероида 2001 BB16 группы Атона

Название	T	a (а.е.)	e	i (град.)	ω (град.)	Ω (град.)	M (град.)
2001 BB16	09.12.2014	0,854	0,173	2,028	195,575	122,564	1,211

Таблица 1.

На Рис. 2 и 3 представлены изменения угла наклона и эксцентриситета орбиты под действием планетных возмущений в зависимости от времени T. Значение $T=0$ соответствует началу нашей эры.

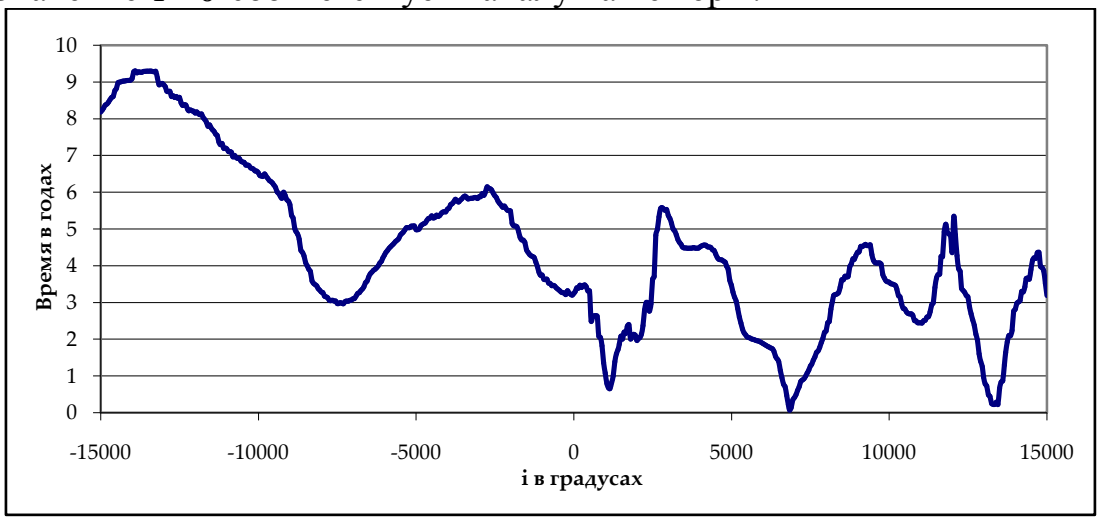


Рис. 2 Изменение угла наклона орбиты

Как видно из рис. 2 и 3, на интервале времени 30000 лет наклон орбиты изменяется в пределах от 0,07 до 9,3 градусов, а эксцентриситет – от 0,112 до 0,19.

Рис. 3 Изменение эксцентриситета

Эволюция орбиты 2001 BB16, вычисленная методом Эверхарта на плоскости (e,i) и средние значения эксцентриситета и угла наклона по всему периоду вычислений представлена на рисунке 4.

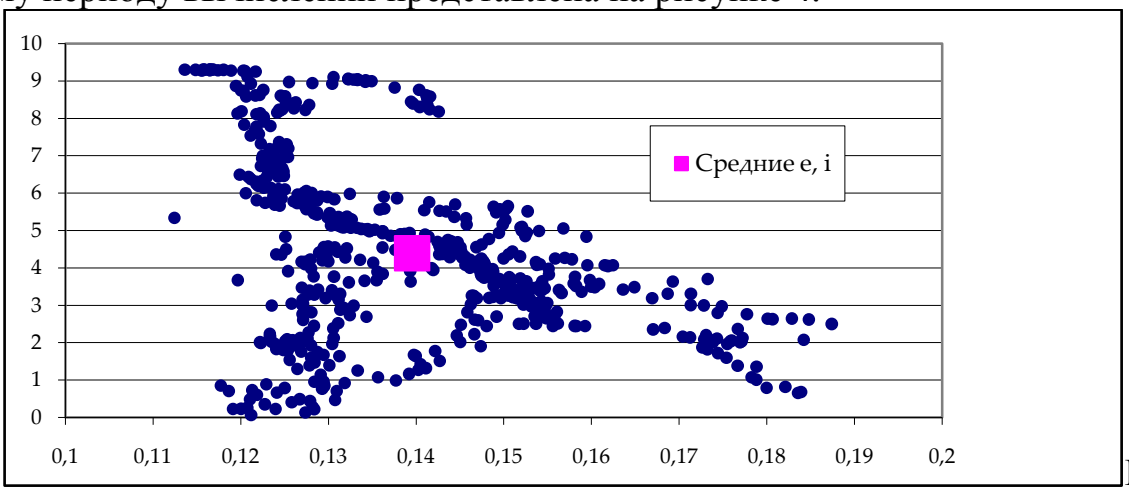


Рис. 4 Эволюция орбиты 2001 BB16 на плоскости (e,i)

Рис. 4 дает возможность оценить траекторию движения астероида в плоскости (e, i), на которой находится астероид в различное время. Площадь этой области на плоскости (e, i) достаточно велика и охватывает несколько десятков астероидов группы Атона. Вычисления показывают также, что 2001 BB16 испытывает частые умеренные сближения с Венерой и Землей. В частности резкое изменение значений *e* и *i* в районе 500 лет обусловлено сближением с Землёй на расстояние порядка 0,002 а.е.. Подобная ситуация является типичной для большинства астероидов группы Атона.

Можно сделать вывод, что для выявления возможности общего происхождения каких-либо объектов из группы Атона недостаточно использовать современные элементы их орбит. Для получения более достоверной картины взаимосвязи объектов можно использовать усредненные, или так

называемые *собственные* элементы орбиты, которые сохраняют постоянство на длительных интервалах времени. Использование *собственных* элементов орбиты для выделения семейств астероидов предложил Киёцугу Хираяма [3].

Нами для вычисления средних значений эксцентриситетов и наклонов орбит была использована следующая методика. Для каждого объекта группы Атона по формулам (1) вычислялись две постоянные Лидова [4, 5] - C_1 и C_2:

$$C_1 = \left(1 - e^2\right)\cos^2 i\,,\ C_2 = e^2\left(0{,}4 - \sin^2 i \sin^2 \omega\right), \quad (1)$$

ω – аргумент перигелия орбиты астероида. Постоянство C_1 вытекает из критерия Тиссерана, если учесть, что большие полуоси не содержат вековых возмущений. C_2 также слабо изменяется под действием вековых возмущений и вместе с C_1 описывает синхронные изменения эксцентриситета, наклона и аргумента перигелия [6]. Известно, что при $\omega = 0$ или 180^0 наклон достигает максимума, а эксцентриситет – минимума, а при $\omega = 90^0$ или 270^0 наклон минимальный, а эксцентриситет – максимальный. Считая значения C_1 и C_2 постоянными для астероидов группы Атона по формулам, приведенным в работах [7,8], были вычислены минимальные и максимальные значения наклонов - $i_{\min}$, $i_{\max}$ и эксцентриситетов $e_{\min}$ и $e_{\max}$. В качестве аналога *собственных* элементов орбиты были выбраны средние значения i_{cp}, e_{cp}:

$$i_{cp} = \frac{i_{\min} + i_{\max}}{2}\,,\ e_{cp} = \frac{e_{\min} + e_{\max}}{2} \quad (2)$$

Распределение астероидов группы Атона на плоскости i_{cp}, e_{cp} имеет вид, представленный на рис. 5.

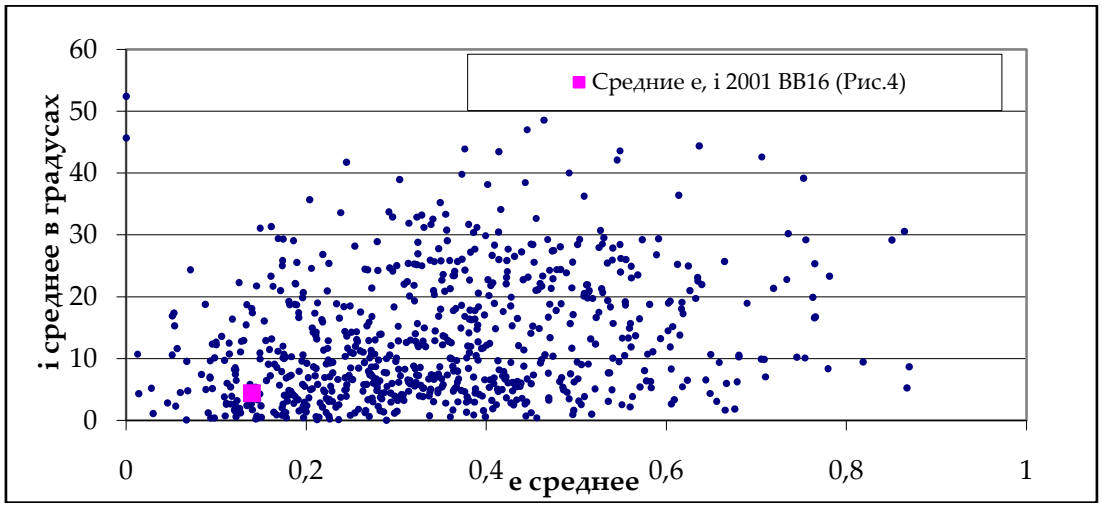


Рис. 5. Астероиды группы Атона на плоскости i_{cp}, e_{cp}.

Можно заметить различия в расположении объектов на Рис. 1 и Рис. 5, т.к. последний отражает не текущее, а некоторое среднее положение объ-

ектов. Отметим, что распределение объектов на плоскости i_{cp}, e_{cp} неравномерно по плотности. Можно предположить, что области повышенной плотности или кластеры в рассматриваемом распределении астероидов, могут представлять семейства астероидов. В этой связи считаем целесообразным дальнейшее изучение пространственной структуры астероидов группы Атона методами кластерного анализа.

Список литературы.

[1]. ATE orbital elements URL: // http://neo.jpl.nasa.gov/cgi-bin/neo_elem (дата обращения 29.10.2014)

[2]. Everhart E. Implicit single-sequence method for integrating orbits // Celestial mechanics, 1974, vol. 10, p.35-55

[3]. Hirayama K., Families of Asteroids. Jap. J. Astron. Geophys. 1923. V. 5 P. 137-162

[4]. Лидов М.Л. Эволюция орбит искусственных спутников планет под действием гравитационных возмущений // Искусственные спутники земли. 1961. Вып. 8. С.5-45

[5]. 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

[6]. Симоненко А.Н. Астероиды, или тернистые пути исследований. М., Наука, 1985. 208 С.

[7]. Бабаджанов П.Б., Обрубов Ю.В., 1987, Докл. АН Тадж.ССР, 30, 486

[8]. Babadzhanov P.B., Obrubov Yu.V., 1987, Interplanetary matter, Praha, 141

Обрубов Юрий Викторович - д-р физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: obrubovyu@yandex.ru.

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

Рыжов Алексей Михайлович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: alexprom007@gmail.com.

Н.Д. Влайков, В.А. Богов, А.А. Каретин

ПОИСК АСТЕРОИДОВ, ВОЗМОЖНО СВЯЗАННЫХ С (3200) ФАЭТОН

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

(3200) Фаэтон – один из представителей околоземных астероидов группы Аполлона. Его особенностью является сильно вытянутая орбита, в процессе движения по которой он достаточно близко подходит к Солнцу и пересекает орбиты земной группы от Меркурия до Марса.

С целью поиска астероидов, имеющих генетическую связь с Фаэтоном, были проведены начальные исследования множества элементов группы Аполлона. Данные элементов орбит получены из каталогов НАСА на 24.12.2012 [1]. На эту дату группа насчитывала 5103 объекта.

На первом этапе поиска возможно связанных объектов можно вычислить значения критериев близости орбит: C_1, C_2 - постоянные Лидова [2,3], T - критерий Тиссерана [4], D_{sh} - критерий Саутворта-Хоккинса [5]– в разной степени сохраняющих свое постоянство в процессе эволюции орбиты [6].

Для всех объектов исследуемой группы по формулам (1) – (4) были вычислены вышеперечисленные критерии.

$$C_1 = (1-e^2)\cos^2 i \tag{1}$$

$$C_2 = e^2(0,4-\sin^2 i \sin^2 \omega) \tag{2}$$

$$T = \frac{a_p}{a} + 2\sqrt{\frac{a}{a_p}\left(1-e^2\right)}\cos i \tag{3}$$

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

где $\Delta e = e_1 - e_2, \Delta i = i_1 - i_2, \Delta q = q_1 - q_2, \Delta\Omega = \Omega_1 - \Omega_2, \Delta\pi = \pi_1 - \pi_2$.

Считается, что объекты могут иметь генетическую связь, если значение D_{sh} - критерия не превышает 0,2 – 0,3. Из всего множества по нашим вычислениям только один объект удовлетворяет данному условию. Элементы орбит и значения критериев приведены в Таблице 1.

Таблица 1. Элементы орбит и значения критериев для астероидов (3200) Фаэтон и 2011 ХА3

№	Название	a (а.е.)	e	i (град.)	ω (град.)	Ω (град.)	C_1	C_2	T	D_{sh}
1	3200 Фаэтон	1,27	0,89	22,2	322,1	265,3	0,178	0,274	3,657	0,205
2	2011 ХА3	1,48	0,928	28,1	323,8	273,6	0,108	0,278	3,125	

Как видно из Таблицы 1, элементы орбит астероида 3200 Фаэтон и 2011ХА3 имеют близкие значения. Значения углов наклона орбит невели-

ко, поэтому их форму и взаимное расположение в эклиптической гелиоцентрической системе координат можно оценить по Рис. 1.

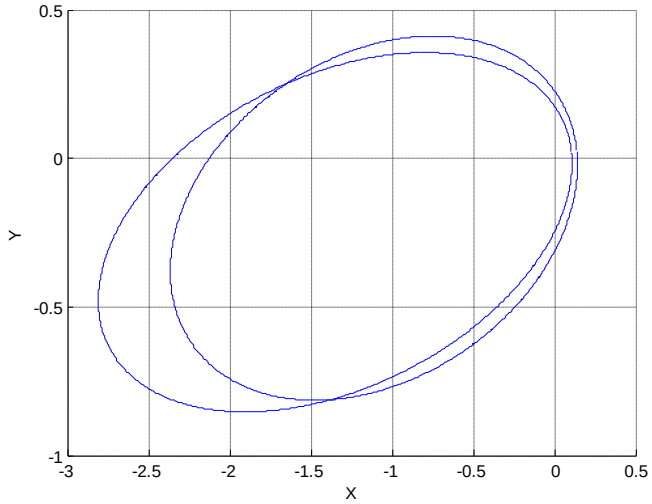


Рис. 1. Орбиты астероидов 3200 Фаэтон и 2011XA3 (ед. масш. 1 а.е)

Полученные результаты говорят о возможности генетической связи объектов и необходимости проведения дальнейшего анализа на основе эволюции их орбит.

Также стоит отметить, что в процессе эволюции орбит под действием дифференциальных планетных возмущений значения критериев не остаются строго постоянными, а изменяются в некоторых пределах [6]. На рис. 2 представлены графики изменения критериев C_1, C_2, T, D_{sh} в зависимости от времени, вычисленные по отношению к начальной орбите на момент начала интегрирования.

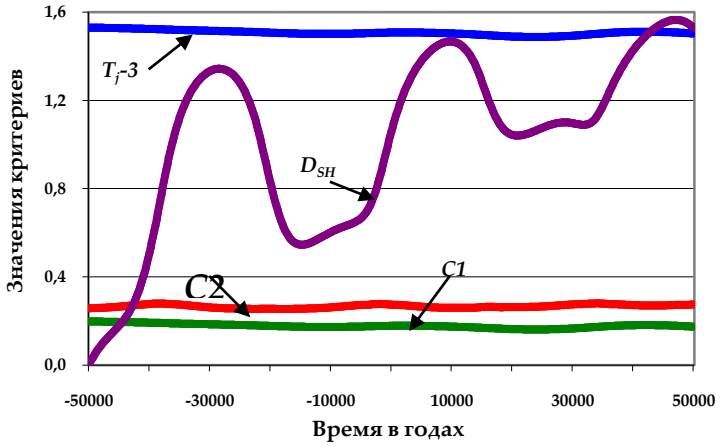


Рис. 2 Эволюция критериев.

Рис. 2 показывает, что в результате эволюции орбиты под действием дифференциальных планетных возмущений критерий Сауворта-Хокинса D_{sh} изменяется в довольно широких пределах по сравнению с другими

критериями. Вследствие этого множество отобранных по D_{sh}- критерию объектов может включать в себя не все астероиды, которые возможно генетически связанны с Фаэтоном. Для устранения этой проблемы и дальнейшего поиска объектов, связанных с Фаэтоном, элементы орбит объектов группы Аполлона нужно привести в одно эволюционное положение, соответствующее, например, нулевому значению аргумента перигелия.

Работа выполнена под научным руководством доктора физ.-мат. наук Ю.В. Обрубова.

Список литературы.

[1]. ATE orbital elements URL: // http://neo.jpl.nasa.gov/cgi-bin/neo_elem (дата обращения 24.12.2012)

[2]. Лидов М.Л. Эволюция орбит искусственных спутников планет под действием гравитационных возмущений // Искусственные спутники земли. 1961. Вып. 8. С.5-45

[3]. 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

[4]. 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

[5]. Southworth R.B. & Hawkins G.S. Statistics of meteor streams // Smith. Contrib. Astrophys., 1963, Vol. 7, P. 261-285

[6]. 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

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

Богов Виктор Алексеевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: bogov.viktor@yandex.ru.

Каретин Алексей Алексеевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: karetin_aleksei@mail.ru.

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

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭВОЛЮЦИЯ ОРБИТЫ АСТЕРОИДА (99942) АПОФИС С 1900 ПО 2100 ГГ

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

Пространство Солнечной системы, кроме Солнца, больших планет и их спутников, населено различными телами от мельчайших пылинок микронных размеров и метеороидов сантиметрового размера до многокилометровых астероидов и комет. Эти тела называют малыми телами Солнечной системы. Особый интерес представляют астероиды групп Амура, Аполлона и Атона (ААА). Орбиты астероидов этих групп могут пересекать или касаться орбиты Земли, а в случае тесных сближений с Землей возникает опасность столкновений. В настоящее время ежегодно открываются сотни новых астероидов ААА.

Каталогизация малых тел Солнечной системы является важным этапом в решении проблемы «астероидной опасности». Каталоги астероидов и комет содержат ценную информацию о распределении этих тел в Солнечной системе и об эволюции орбит под действием возмущений гравитационной и негравитационной природы с течением времени. В настоящее время известны более 5,5 тысяч астероидов ААА с надежно определенными орбитами. Среди них есть астероиды, тесно сближающиеся с Землей и представляющие потенциальную опасность столкновений. В связи с этим проводится постоянный мониторинг всех потенциально опасных объектов с целью уточнения их орбит и исследования эволюции. При этом создаются современные математические модели движения небесных тел и применяются высокоточные численные методы решения дифференциальных уравнений.

Решению указанных задач посвящен «Каталог орбитальной эволюции малых тел Солнечной системы» [1,2], созданный в Самарском государственном техническом университете под руководством профессора А.Ф.Заусаева. В процессе выполнения проекта разработано современное математическое и программное обеспечение для исследования эволюции орбит малых тел Солнечной системы. Проведен расчет и анализ эволюции орбит около 5500 астероидов групп Аполлона, Амура, Атона и 240 короткопериодических комет на интервале времени с 1800 по 2206 годы. Выявлено примерно 1 100 объектов, сближающихся с Землей на расстояния менее 0.01 а.е.

Доступ к Каталогу обеспечивается через сайт www.smallbodies.ru [2]. Сайт позволяет просматривать статистические данные о потенциально опасных объектах или выбрать подробную информацию об отдельном объекте.

Эволюцию орбиты можно просмотреть в табличном виде. По умолчанию отображаются результаты вычислений с использованием последних по времени начальных данных. Но имеется возможность просмотра вычислений соответствующих и более ранним начальным данным. Есть возможность просмотра графиков эволюции элементов орбит и динамики

объекта в трехмерном пространстве. Все угловые величины приведены к эклиптике и равноденствию эпохи 2000.0.

В качестве объекта исследования нами был выбран потенциально опасный астероид (99942) Апофис. Элементы орбиты этого астероида по данным различных авторов отличаются. Незначительные на первый взгляд различия орбит [3,4] тем не менее, оказывают существенное влияние на параметры эволюции. Наибольшая неопределенность проявляется в определении моментов и величины тесных сближений Апофиса с Землей. В результате сближений изменения всех элементов имеют скачкообразный характер, а величина сближения отражается на амплитуде этих скачков. Можно утверждать, что эволюция орбиты Апофиса крайне неустойчива к начальным данным, а также к накоплению ошибок вычислений по различным методам.

Как было показано в работе [5] Апофис возможно связан с наблюдавшимися на Земле болидами – то есть очень яркими метеорами. Эти болиды могли быть порождены осколками Апофиса, отделившимися от него в результате столкновения с другим астероидом или крупным метеороидным телом. Возможно, при этом столкновении образовались и более крупные фрагменты, которые наблюдаются сейчас также в виде астероидов группы Атона. Поиск астероидов, генетически связанных с Апофисом, показал возможность существования такого астероидного роя [6].

Общая информация и элементы орбиты Апофиса согласно [2] приведены в Таблице 1.

Таблица 1.

Общая информация		Сближения			
Предварительное обозначение	2004 MN4	Дата	Объект	r, а.е.	r, км
Номер	99942	14.04.1823 00:00:00	Луна	0.00836	1 250 142
Группа	Aten	13.04.2029 21:46:05	Земля	0.00026	38 395
Абсолютная звездная величина	19.20	14.04.2029 14:34:05	Луна	0.00064	95 004
Приблизительный диаметр (м)	380	Элементы орбиты			
Масса (кг)	$1.04 \cdot 10^{11}$	Дата	27.07.2013	ω	126.43198
Количество наблюдений	4065	M	346.801008	Ω	204.21634
Длина дуги (в днях)	3360	a	0.922168	i	3.330282
		e	0.191129		

В таблице 1 *a* – большая полуось орбиты (в а. е.), *e* – эксцентриситет, M – средняя аномалия, ω – аргумент перигелия, Ω – долгота восходящего узла, i – наклон.

Эволюция орбиты астероида 2004 MN4 (99942 Апофис) представлена на Рис. 1-5 в виде графиков изменения элементов орбит. Результаты, вычислений из [1, 2] модифицированным методом Эверхарта 27 порядка с переменным шагом интегрирования построены штриховой линией. Вычисления, выполненные в КФ МГТУ им. Н.Э.Баумана неявным одношаговым методом Эверхарта с помощью интегратора RADA-19, используемым в наших исследованиях, построены сплошной линией. При проведении вычислений использованы идентичные исходные данные из Табл. 1.

Отметим, что ранее выполненные нами вычисления планетных возмущений орбиты Апофиса [7] отличаются от приведенных ниже из-за различий в исходных элементах орбит. В частности тесное сближение с Землей в 2029 г. выявлено не было.

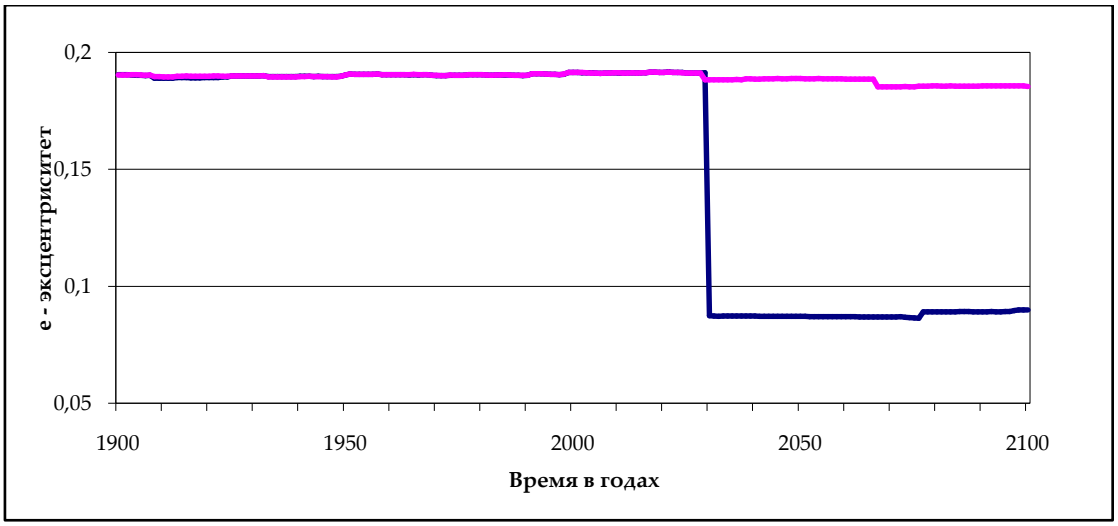


Рис. 1. Изменение эксцентриситета.

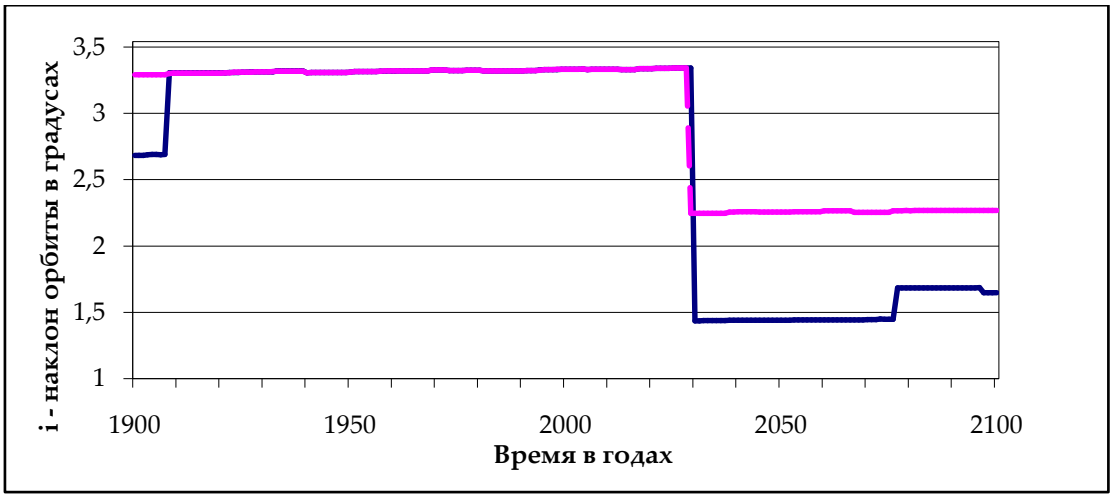


Рис. 2. Изменение угла наклона орбиты.

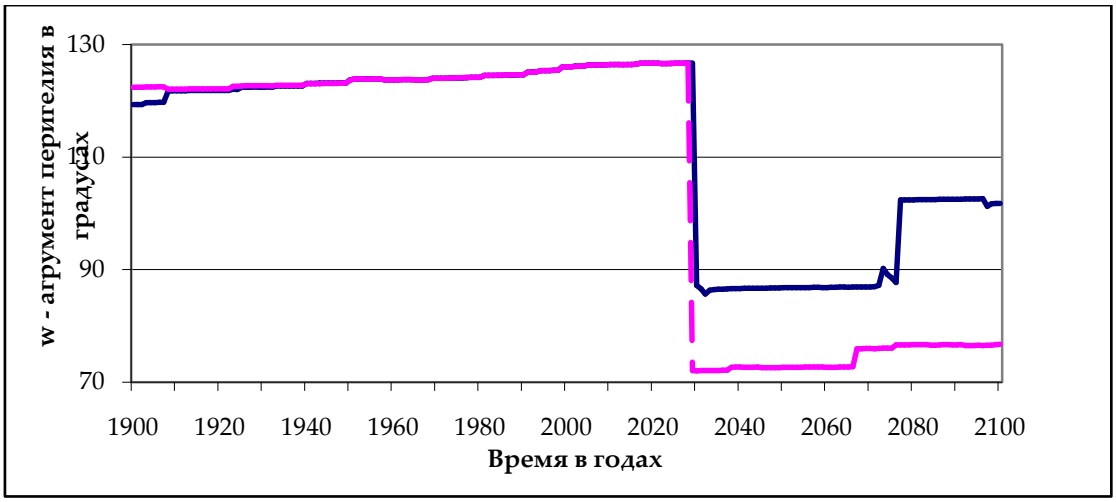


Рис. 3. Изменение аргумента перигелия.

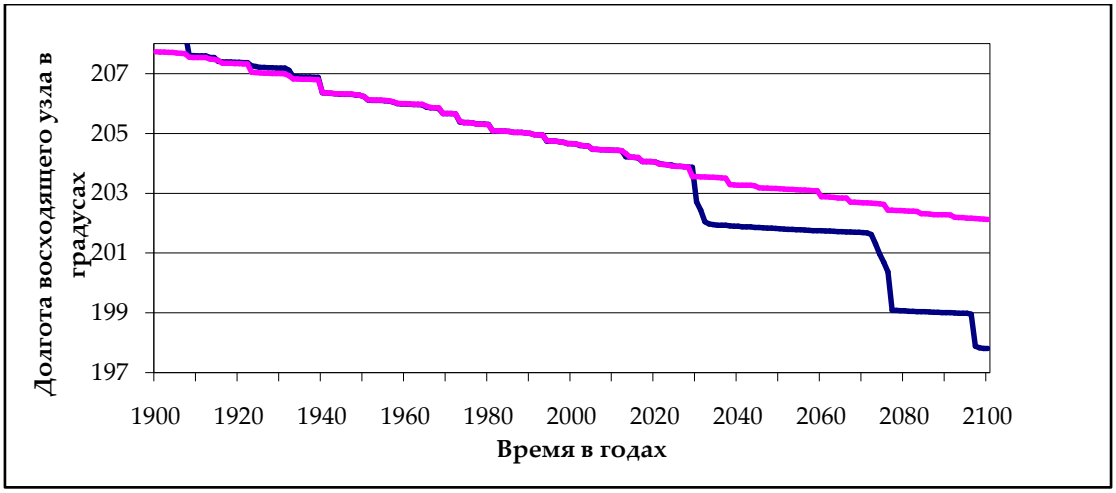


Рис. 4. Изменение долготы восходящего узла.

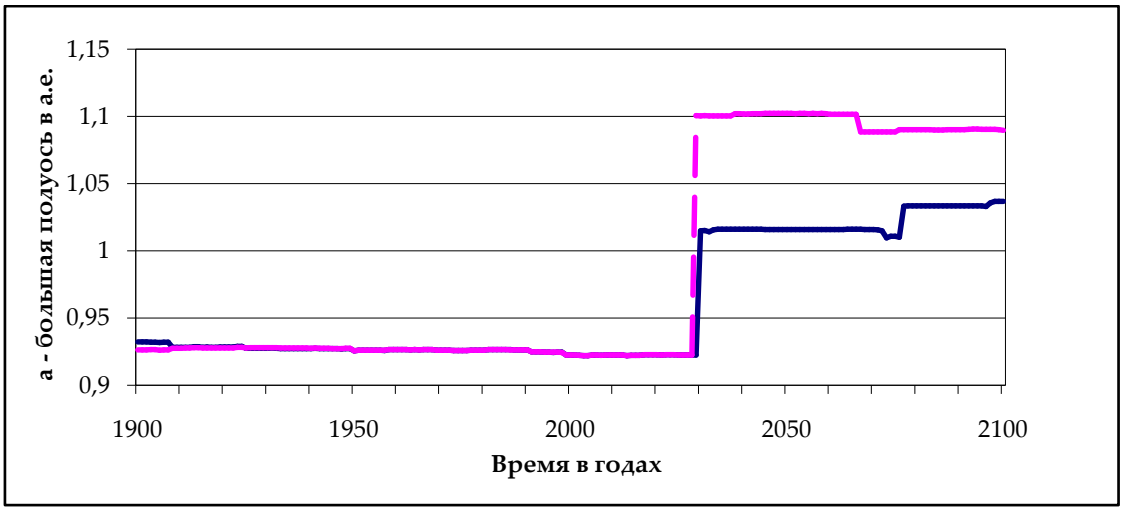


Рис. 5. Изменение большой полуоси.

Скачки в изменениях всех элементов обусловлены очень тесным сближением Апофиса с Землей (Табл. 1) на расстояние 38 395 км, которое

ожидается в 2029 г. Приведенные графики показывают согласованность результатов вычислений, выполненных в Калуге и Самаре, на всем промежутке времени. При этом результаты практически полностью совпадают на промежутке времени, предшествующем тесному сближению с Землей. Тем не менее, величины скачков отличаются, что возможно связано с более низкой точностью модели движения, полученной с помощью интегратора RADA-19. Однако согласие результатов позволяет сделать вывод о том, что неявный одношаговый метод Эверхарта может быть использован для исследований качественной эволюции орбит малых тел Солнечной системы на длительных интервалах времени.

Литература

[1]. Заусаев А.Ф., Абрамов В.В., Денисов С.С. Каталог орбитальной эволюции астероидов, сближающихся с Землей с 1800 по 2204 гг., М.: Машиностроение – 1, 2007. 608 с.

[2]. Каталог орбитальной эволюции малых тел Солнечной системы URL. www.smallbodies.ru

[3]. Ивашкин В.В., Стихно К.А. Анализ коррекции орбиты астероида Апофис // «Околоземная астрономия 2007». Тр. Межд. Конф. 3-7 сент. 2007, Терскол, Нальчик. Изд. КБНЦ РАН, С. 44-48

[4]. Шор В.А., Чернетенко Ю.А., Кочеткова О.М., Железнов Н.Б. О влиянии эффекта Ярковского на орбиту Апофиса // Астрон. Вестн. - 2012. № 46 (2). С. 131-142

[5]. Бабаджанов П.Б., Кохирова Г.И, Обрубов Ю.В. Астероид Апофис и его болиды // Доклады Академии наук Республики Таджикистан, 2012. Т.55, № 7, С. 555-560

[6]. Обрубов Ю.В., Влайков Н.Д. Астероидный рой Апофиса // Фундаментальные исследования. – 2013. № 11 (ч.9), С.1829-1833

[7]. Обрубов Ю.В., Влайков Н.Д. Эволюция орбиты астероида Апофис // Всероссийская НТК «Наукоемкие технологии в приборо- и машиностроении и развитие иновационной деятельности в ВУЗе, КФ МГТУ, Калуга, 2013. С. 155-158.

Обрубов Юрий Викторович - д-р физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: obrubovyu@yandex.ru.

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

Владыкин Михаил Владимирович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: michalie17@gmail.com.

Ермаков Александр Александрович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: shapkinsasha@bk.ru.

СЕКЦИЯ 9.

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ, ГИДРОПНЕВМОАВТОМАТЫ

УДК 62-346

И.В. Гусев, А.Н. Сизов, Ф.Л. Чубаров

СЛЕДЯЩИЙ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПРИВОД В СИСТЕМАХ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ТУРБИН СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ

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

В предоставленном материале затронуты вопросы, связанные с проектированием одного из наиболее ответственных узлов в составе современных систем регулирования паровых турбин. Статья опирается на ранее опубликованные материалы по той же теме и описывает построенную математическую модель «ЭМП + ОЗ», гидравлическая часть системы ограничивается лишь отсечным золотником (присоединённой массой к выходному штоку ЭМП).

***Ключевые слова**: следящий привод, отсечной золотник, паровая турбина, система регулирования, регулирующий клапан.*

Введение. Следящий привод отсечного золотника (СПОЗ) является типовым элементом блока регулирования современной системы автоматического регулирования паровой турбины (САР ПТ). Он предназначен для преобразования электрического сигнала управления от электронной управляющей части (ЭУЧ) САР ПТ в перемещение сервомотора (СМ), перемещающего соответствующий паровпускной регулирующий клапан (РК). Конкретный пример такого объекта и системы регулирования приведен, например, в работе [1].

Золотник отсечной (ОЗ), являясь элементом гидравлики, предназначен для изменения положения сервомоторов (гидроцилиндров) привода РК по сигналам управления от ЭУЧ системы регулирования посредством ЭМП, а так же для форсированного перемещения СМ в сторону закрытия РК при срабатывании аварийной защиты ПТ. Не рассматривая здесь вопросы выбора оптимальной структуры системы регулирования, частично отражённые ранее [2], уделим более пристальное внимание электромеханическому варианту исполнения СПОЗ, обладающему рядом эксплуатационных достоинств по сравнению с аналогами [3].

Такой СПОЗ функционально включает в себя исполнительный элемент – синхронный электродвигатель переменного тока (СЭ ПТ), роликовинтовую передачу (РВП); преобразователь частоты (ПЧ), датчик положения ОЗ (обратная связь).

Математическая модель преобразователя. Рассмотрим приближённую математическую модель электромеханическом преобразователя ОЗ. Уравнения синхронной машины с постоянными магнитами также рассмотрим в ортогональной синхронной системе координат (d,q), ось d которой ориентирована по магнитной оси ротора.

В этом случае уравнения принимают следующий вид (модель Парка - Горева) [4]:

$$\begin{cases} \dfrac{d\varphi(t)}{dt} = \omega(t), \\ J_{\text{дв}} \dfrac{d\omega(t)}{dt} = M_{\text{дв}}(t) - M_{\text{с}}(t), \\ \dfrac{di_d(t)}{dt} = -\dfrac{R}{L} i_d(t) + p\omega(t) i_q(t) + \dfrac{1}{L} u_d(t), \\ \dfrac{di_q(t)}{dt} = -\dfrac{R}{L} i_q(t) - p\omega(t) i_d(t) - \dfrac{k_m}{L}\omega(t) + \dfrac{1}{L} u_q(t), \end{cases} \tag{0.1}$$

где $I_d(t), I_q(t), U_d(t), U_q(t)-$ токи и напряжения статора по осям d и q; электромагнитный момент на валу ЭД ПТ; $M_{\text{дв}}(t)-$ электромагнитный момент на валу ЭД ПТ; $M_{\text{с}}(t)-$ статический момент нагрузки; $\omega(t)-$ угловая частота вращения ротора, рад/с; $J-$ момент инерции электропривода, приведенный к валу двигателя; R и $L-$ сопротивление и индуктивность статорных обмоток (для случая неявнополюсной конструкции ротора двигателя).

Рассмотрим более подробно второе уравнение системы (0.1), уравнение движения привода

$$J_{\text{дв}} \frac{d\omega(t)}{dt} = M_{\text{дв}}(t) - M_{\text{с}}(t) = c_m i_q(t) - M_{\text{с}}(t), \tag{0.2}$$

Уравнение движения привода (0.2) с учетом РВП:

$$M_{\text{вых}}(t) = c_m i_q(t) - J_{\text{дв}} \frac{d}{dt}\omega(t) - M_{\text{тр}} sign\left[\omega(t)\right], \tag{0.3}$$

$\dot{\omega}(t)-$ угловое ускорение электродвигателя; $M_{\text{тр}}-$ суммарный момент трения в двигателе и подшипниках ЭМП; $M_{\text{вых}}(t)-$ момент на валу ЭД ПТ.

Сила, приложенная со стороны электродвигателя, к отсечному золотнику [1]:

$$F(t) = \frac{2\pi}{H}\eta M_{\text{вых}}(t), \tag{0.4}$$

$H-$ величина шага РВП; $\eta-$ коэффициент полезного действия РВП.

Величина скорости перемещения отсечного золотника определяется [1]:

$$m\frac{d^2}{dt^2} h_{\text{зол}}(t) + K_{\text{вт}} \frac{d}{dt} h_{\text{зол}}(t) = F(t), \tag{0.5}$$

$m-$ суммарная масса отсечного золотника и винта, жестко с ним соединенного; $K_{вт}$ – коэффициент вязкого трения в отсечном золотнике; $\ddot{h}_{зол}(t)$ – ускорение отсечного золотника; $\dot{h}_{зол}(t)-$ скорость отсечного золотника.

На вход системы электромеханического следящего привода поступает сигнал $u_{зад}(t)$, пропорциональный задаваемому значению отклонения отсечного золотника. Управление происходит непрерывным токовым сигналом в диапазоне $5 \div 20\,[мА]$ и входное сопротивление, установленное на входе АЦП преобразователя частоты, имеет значение $200\,[Ом]$, что эквивалентно изменению сигнала $u_{зад}(t)$ в диапазоне $1 \div 4\,[В]$.

Ошибка отработки сигнала

$$\Delta u(t) = u_{зад}(t) - u_{зол}(t) \tag{0.6}$$

где $u_{зол}-$ сигнал с выхода датчика линейного перемещения золотника:

$$u_{зол}(t) = K_{дп} h_{зол}(t), \tag{0.7}$$

$K_{дп}-$ коэффициент датчика перемещения отсечного золотника.

Зависимость угловой скорости вала ЭД ПТ от величины перемещения вала РВП, определяется выражением:

$$\omega(t) = \frac{2\pi}{H}\frac{d}{dt}h_{зол}(t), \tag{0.8}$$

Таким образом, результирующее управление, поступающее на ПЧ ЭД ПТ имеет вид:

$$u_{у}(t) = u_{зад}(t) - u_{зол}(t) + u_{ком}(t), \tag{1.9}$$

где $u_{ком}(t)-$ сигнал, обеспечивающий уменьшение ошибки от воздействия осевой нагрузки на отсечной золотник, $u_{ком} = 0$ при $-u_{зол1} \le u_{зол} \le u_{зол1}$; $u_{ком} = K_{от}(u_{зол} - u_{зол1})$ при $-u_{зол1} > u_{зол} > u_{зол1}$; $u_{зол1}$ – сигнал, пропорциональный значению отклонения отсечного золотника, до которого значение $u_{ком}$ равно нулю ($u_{зол1} = 2[В]-$ гидравлический ноль); $K_{от}-$ коэффициент компенсационного сигнала.

Выводы. В результате исследований можно сделать вывод, что обе математические модели (0.1) и (1.9) являются нелинейными, но математическая модель СПОЗ в системе координат $d-q$ значительно проще.

Следующим этапом исследования предполагается верификация разработанной модели СПОЗ путём сравнения переходных процессов по перемещению штока в модели и реальном опытном образце, а также исследование влияния зоны нечувствительности в связке «ОЗ-СМ» на устойчивость гидравлического контура в сравнении с имеющимися эксплуатационными данными.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Сизов А.Н., Мусатов Е.А., Рогоза А.А. Анализ некоторых результатов стендовых испытаний и проработка методики моделирования ПТУ ПЭБ АТЭС ММ. Известия высших учебных заведений. Серия: Машиностроение. №1/2011. с. 27-37.

[2]. Сизов А.Н., Кириллов А.А., Кушбасов А.Н. Концепция разработки оборудования для блочной АТГУ и ПТУ. Анализ существующих схем регулирования и предложения по их модернизации. Материалы X молодёжной научно-технической конференции «Взгляд в будущее – 2012». – С.-Пб.: Изд-во ОАО «ЦКБ МТ «Рубин», 2012.

[3]. Сизов А.Н., Мусатов Е.А., Чубаров Ф.Л., Гусев И.В. Применение высокоточных быстродействующих следящих электромеханических приводов в электрогидравлических системах регулирования частоты вращения паровых турбин. Теоретические и прикладные аспекты современной науки: сборник научных трудов по материалам V Международной научно-практической конференции 30 ноября 2014 г.: в 6 ч. / Под общ. ред. М.Г. Петровой. – Белгород : ИП Петрова М.Г., 2014. – Часть III. – с.133-139.

[4]. Меркурьев Г.В., Шаргин Ю.М. Устойчивость энергосистем. Расчеты: Монография. - СПб.: НОУ "Центр подготовки кадров энергетики", 2006. - 300с.

Гусев Иван Валерьевич - студент МГТУ им. Н.Э. Баумана . E-mail: gusv09@mail.ru.

Сизов Александр Николаевич - канд. техн. наук, преподаватель кафедры «Гидромашины и гидропневмоавтоматика» К2-КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: axelxd@yandex.ru.

Чубаров Федор Леонидович - канд. техн. наук, доцент кафедры «Гидромашины и гидропневмоавтоматика» К2-КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: fedor1966chub@yandex.ru.

I.V. Gusev, A.N. Sizov, F.L. Chubarov

TRACKING ELECTRO-HYDRAULIC CONTROL SYSTEMS IN THE TURBINE SPEED AVERAGE POWER

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Kaluga, 248000, Russia

In providing materials discussed issues related to the design of one of the most critical components in the composition of modern control systems of steam turbines. The article is based on previously published material on the same subject and describes the construction of a mathematical model of the "EMF + OZ", the hydraulic part of the system is limited to a shut-off spool (the attached weight to the output shaft EMF).
Keywords: *servo drive, shut-off valve, steam turbine control system, the control valve.*

REFERENCES

[1]. Sizov A.N., Musatov E.A., Cattail A.A. Analysis of some of the results of bench tests and study techniques of modeling vocational PEB APEC MM. Proceedings of the higher educational institutions. Series: Engineering. №1 / 2011. p. 27-37.

[2]. Sizov A.N., Kirillov A.N., Kushbasov A.N. The concept of development of equipment for the block ATGU and vocational schools. Analysis of the existing regulatory schemes and proposals for their modernization. Materials X youth scientific and technical conference "Looking into the Future - 2012". - AS Saint-Petersburg .: Publishing House of "CDB" Rubin ", 2012.

[3]. Sizov A.N., Musatov E.A., Chubarov F.L., Gusev I.V. The use of high-speed high-precision servo electromechanical actuators in electrohydraulic control systems speed steam turbines. Theoretical and applied aspects of modern science: Proceedings of the Materials of the V International scientific and practical conference November 30, 2014 Mr. .: 6 h. /, Ed. Ed. MG Petrova. - Belgorod: SP Petrova MG, 2014 - Part III. - p.133-139.

[4]. Mercury G.V., Shargiin Y.M. Stability of power systems. Calculations: Monograph. - SPb .: LEU "Training Center of Energy", 2006. – p. 300.

Gusev Ivan Valeryevich: the student of the KB BMSTU. E-mail: gusv09@mail.ru.

Sizov Alexander Nikolayevich: Ph.D., the lecturer of "Hydraulic machines and hydropneumoautomatics" K2-KB BMSTU. E-mail: axelxd@yandex.ru.

Chubarov Fedor Leonidovich: Ph.D., the Associate Professor of "Hydraulic machines and hydropneumoautomatics" K2-KB BMSTU. E-mail: fedor1966chub@yandex.ru.

УДК 532

В.В. Пащенко, О.И. Зиновьева

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОБТЕКАНИЯ РЯДА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ТЕЛ ПОТОКОМ ЖИДКОСТИ

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

Проведено исследование нестационарных турбулентных течений в окрестности ряда цилиндрических объектов, влияния расстояния между объектами ряда на вихреобразование с использованием программного пакета ANSYS Fluent. Проведён анализ возможностей моделирования задач воздействий на основе уравнений Рейнольдса, $k - \omega$-SST модели турбулентности.

Ключевые слова: *обтекание ряда цилиндров, воздействия потока жидкости, дорожка Кармана, турбулентность, расчётные комплексы, ANSYS Fluent.*

Введение. Многие явления, наблюдаемые в атмосфере и океане, а также проблемы гидромеханики, гидравлики, акустики в силу умеренных скоростей перемещения среды можно изучать в рамках модели несжимаемой вязкой жидкости, описываемой уравнениями Навье-Стокса. Благодаря бурному развитию многопроцессорной вычислительной техники прямое численное моделирование часто дополняет, а иногда и подменяет натурный (физический) эксперимент.

Отрывные течения - одно из самых значимых явлений, наблюдаемых при вязком обтекании тел [1]. Из-за имеющейся в среде вязкости кинетическая энергия потока около тела частично рассеивается так, что частицы жидкости не могут больше полностью противостоять существующему в жидкости положительному градиенту давления и поток отрывается в поперечном по отношению к телу направлении. Следовательно, в случае молекулярной природы механизма отрыва, отрыв потока происходит под действием положительного градиента давления и под влиянием ламинарных или турбулентных вязких напряжений. В отсутствие одного из этих факторов поток несжимаемой жидкости не отрывается.

Наличие трения приводит, таким образом, не только к возникновению "вязкого сопротивления" (сопротивления трения) течению около тела, но и к появлению локальных вращений в поле течения. Далее, вследствие нелинейных эффектов, обусловленных конвекцией, могут образовываться пространственные оторвавшиеся и закрутившиеся слои. Изменение простран-

ственной структуры этих слоев в поле течения оказывает обратное действие на сам отрыв на теле, которое проявляется в изменении подъемной силы и сопротивления тела. Поэтому исследование отрывных течений [2, 3], с одной стороны, имеет большое практическое значение, а, с другой стороны, важно для понимания основных проблем физики течения.

При обтекании реальных пространственных тел, как правило, возникают трехмерные и нестационарные формы отрыва, изучение которых и представляет существенный интерес. Учитывая высокую стоимость лабораторных экспериментов, множество дополнительных осложняющих исследование факторов, влияющих на конфигурацию течения (неоднородность набегающего потока, шероховатость поверхности и т. д.), а также продолжающиеся положительные тенденции в развитии многопроцессорной вычислительной техники (повышение производительности и увеличение памяти) позволяют надеяться на расширение и углубление наших знаний об отрывных течениях получаемых путем численного моделирования на основе полных уравнений гидродинамики.

Здесь важно правильно промоделировать течение жидкости около поверхности тела [4, 5], т.е. необходимо сгущать конечно-разностную сетку к поверхности тела (разрешать пограничный слой) [6]. При этом течение в ближнем следе тела конечного размера, как для ламинарных, так и для турбулентных режимов обтекания, характеризуется наличием в нем крупномасштабных вихрей, размеры которых соизмеримы с размерами тела и, следовательно, разрешающая способность конечно-разностной сетки здесь может быть существенно ослаблена. Конечно, при этом могут быть допущены ошибки в аппроксимации диссипативного механизма таких вихрей, но основные черты явления, включая многие количественные характеристики, воспроизводятся достаточно точно.

В настоящее время для решения прикладных задач широко используются универсальные коммерческие пакеты программ вычислительной гидродинамики, такие как [7, 8] FLUENT, CFX, StarCD и др. Они являются средством не только инженерных разработок, но и ряда научных исследований. С научной точки зрения интерес представляет применение вычислительных методов для решения модельных задач, для которых существует экспериментальная база и аналитические решения. Это позволяет не только тестировать новые численные схемы и алгоритмы, но и изучить основные гидродинамические эффекты и закономерности.

Постановка задачи. Моделирование. Рассматривается задача обтекания ряда цилиндрических тел (трубного пучка) продольным потоком жидкости (воды). Диаметр цилиндров является постоянным и равен d = 0.02 м. Варьированию подлежит расстояние между отдельными цилиндрами с целью изучения влияния этого расстояния на вихреобразование в потоке около трубного ряда. Численное моделирование выполнено на основе системы нестационарных осреднённых по Рейнольдсу уравнений Навье —

Стокса, записанной в переменных скорость - давление. Температура среды предполагалась постоянной. Использована k − ω-SST [9] модель турбулентности, хорошо подходящая для данной задачи. Для временной аппроксимации использовалась неявная схема второго порядка.

Расчётная область для одной из величин межтрубного расстояния показана на рис. 1. На входе в расчётную область задан равномерный поток несжимаемой жидкости, набегающей с постоянной скоростью $U_\infty = 5$ м/с при атмосферном давлении $P_\infty = 10^5$ Па. В качестве входных условий для турбулентных параметров задавались уровень кинетической энергии турбулентности I = 0.15 ÷ 0.8 % и масштаб турбулентности L = 0.001 ÷ 0.03 м.

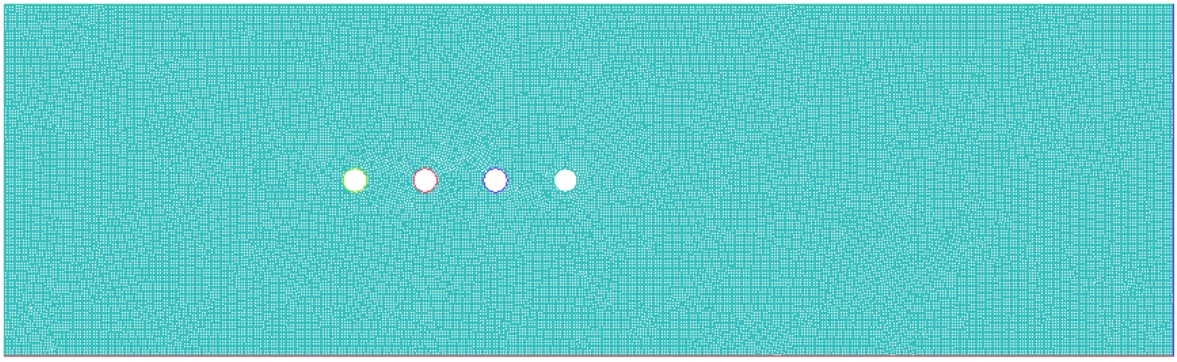


Рис. 1. Пример расчётной области

Результаты исследования. При проведении эксперимента с использованием k − ω-SST модели турбулентности была установлена высокая скорость сходимости решения. При задании числа итераций равном 1000, решение на каждой из итераций сходилось быстрее, чем за 10 шагов, что является неплохим результатом даже при условии наличия не самой мелкой сетки.

На рис. 2 показано мгновенное распределение поля скоростей при различных значениях расстояния между цилиндрами, от одного до пяти диаметров соответственно. На представленном рисунке хорошо видна вихревая дорожка Кармана, пульсации скоростей в «шахматном» порядке, что вызывает появление поперечных усилий, действующих на обтекаемые объекты (цилиндры).

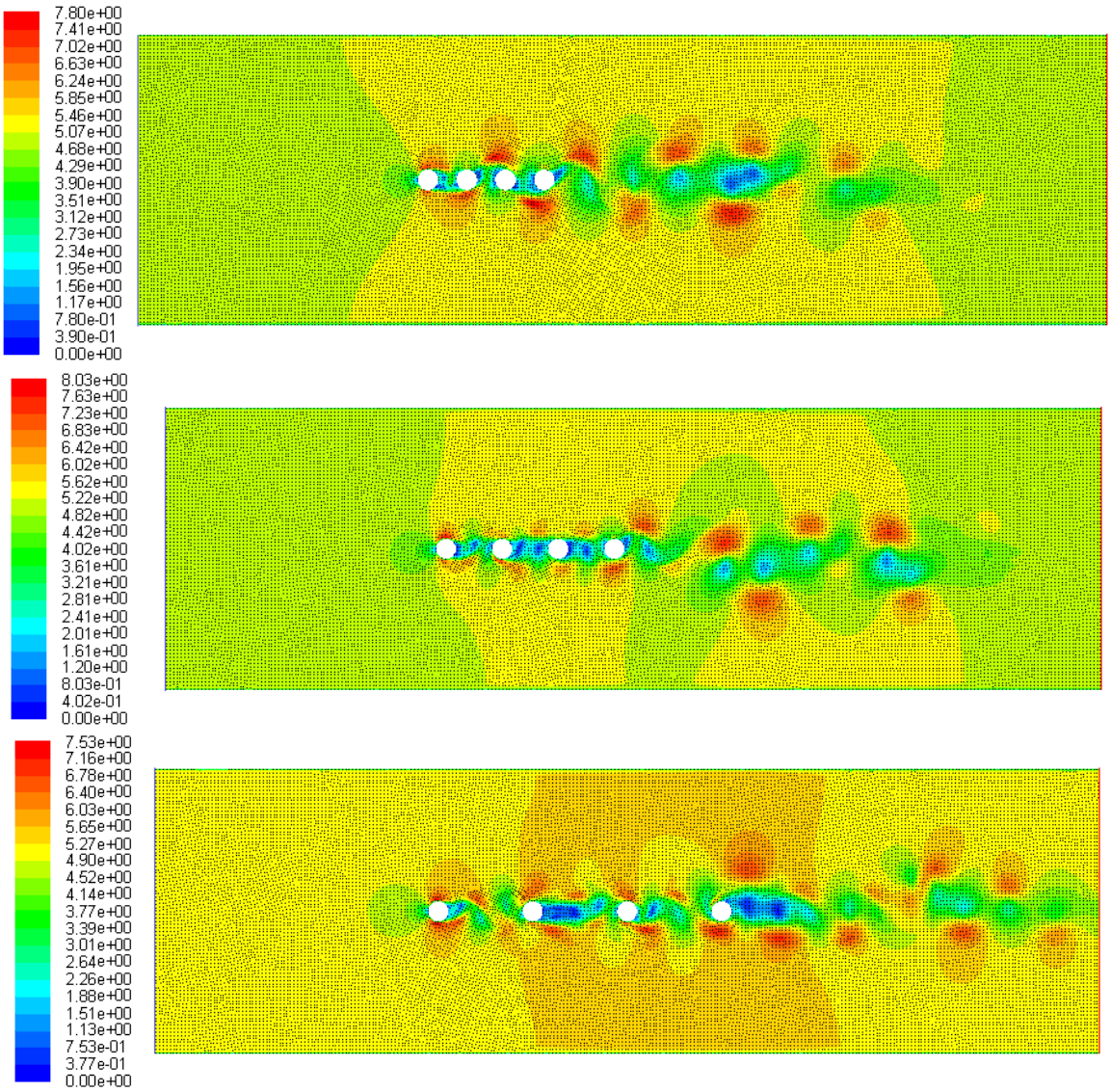


Рис. 2. Мгновенное поле распределения скоростей в потоке при различных межтрубных расстояниях

Видно, что по мере увеличения этого расстояния, уменьшается взаимное влияние цилиндров, таким образом, при значительном удалении труб друг от друга каждая из них будет находиться в собственном поле завихрённости. Вместе с тем, проведённый эксперимент показал, что возможно подобрать такое расстояние между цилиндрами, при котором все последующие трубы будут находиться практически в поле завихрённости первого цилиндра (рис. 3).

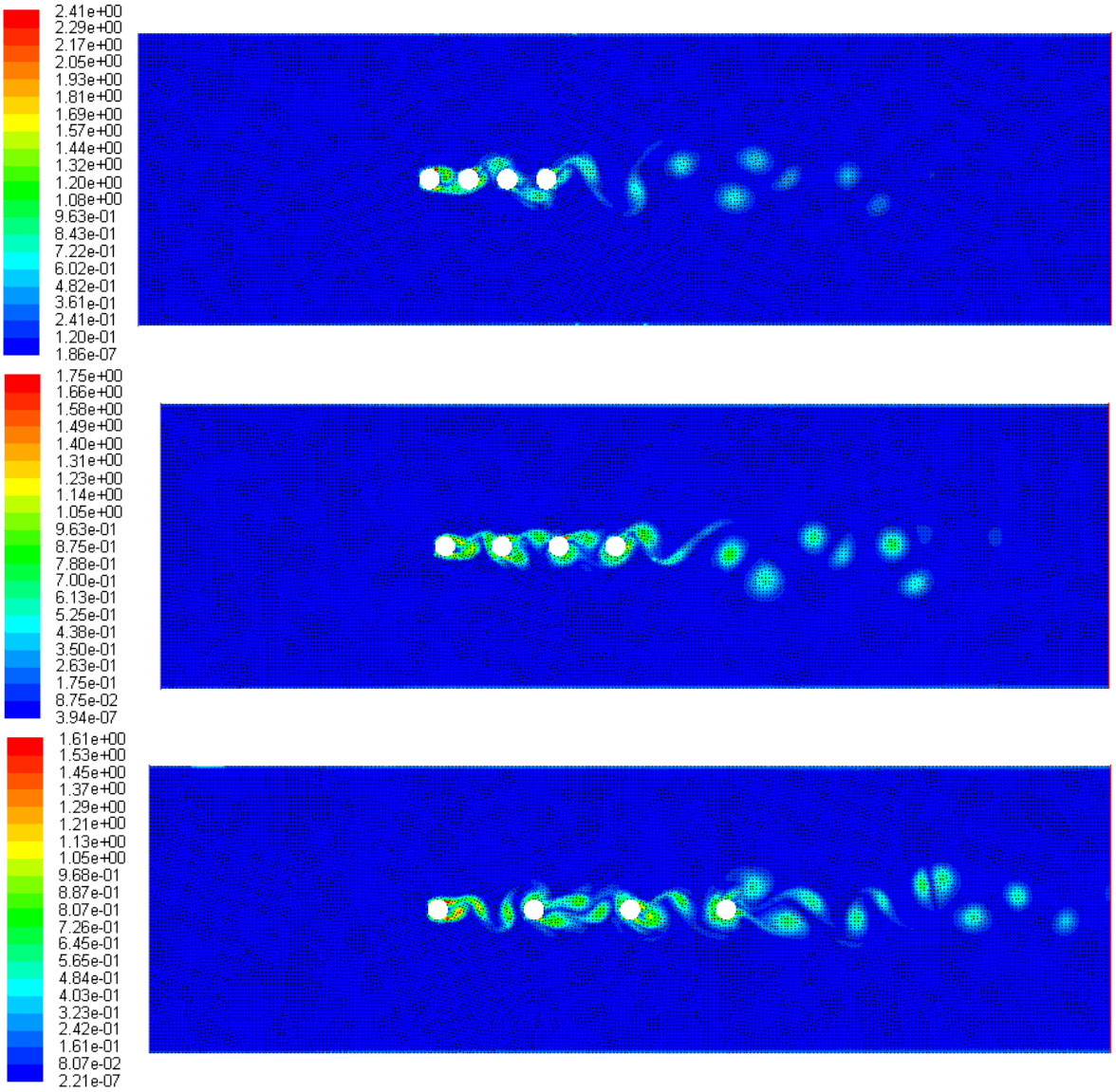


Рис. 3. Мгновенное поле распределения завихрённостей при различных межтрубных расстояниях

Выводы. С целью разработки и отладки методики моделирования воздействий на инженерные конструкции в работе проведено исследование нестационарных турбулентных течений в окрестности ряда цилиндрических объектов. Обсуждаются особенности численного моделирования задач обтекания потоком жидкости с использованием ANSYS Fluent, связанные с моделированием нестационарных течений. Проведён анализ возможностей моделирования задач воздействий на основе уравнений Рейнольдса, k − ω-SST модели турбулентности. Показано, что k−ω-SST-модель турбулентности адекватно воспроизводит основную частоту срыва вихрей в условиях неопределенности начальных параметров турбулентного потока на сравнительно небольших по числу узлов сетках.

Список литературы.

[1]. *Шкадов В.Я., Запрянов З.Д.* Течения вязкой жидкости. М.: Издательство МГУ, 1984. 200 с.

[2]. *Thorn K.* The flow past circular cylinder at low speeds // Proc. Royal Soc. A. 1933. Pp. 651-669.

[3]. *Андронов П. Р., Гувернюк С. В., Дынникова Г. Я.* Вихревые методы расчёта нестационарных гидродинамических нагрузок. М.: Из-во Московского ун-та, 2006. 184 с.

[4]. *Чжен П.* Отрывные течения. Т. 1–3. М.: Мир, 1972–1973.

[5]. *Ван-Дайк М.* Альбом течений жидкости и газа. М.: Мир, 1986. 184 с.

[6]. *Roshko A.* Experiments on the flow past a circular cylinder at very high Reynolds number // Journal of Fluid Mechanics. 1961. no. 10. Pp. 345-356.

[7]. *Белоцерковский О.М.* Численное моделирование в механике сплошных сред. М.: Наука, 1988. 424 с.

[8]. *Гортышов Ю.Ф., Олимиев В.В.* Теплообменные аппараты с интенсифицированным теплообменом. Казань: КГТУ им. А.Н. Туполева, 1999. 176 с.

[9]. *Shih T.-H., Liou W.W., Shabbir A. et al.* A new-eddy-viscosity model for high reynolds number turbulent flows — model development and validation // Comput. Fluids. 1995. Vol. 24(3). P. 227–238.

Пащенко Василий Васильевич - ассистент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга. E-mail: vasiliy.pashchenko@gmail.com.

Зиновьева Ольга Игоревна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: zinovevaolga15@gmail.com.

V.V. Pashchenko, O.I. Zinovyeva

NUMERICAL SIMULATION OF FLUID FLOW AROUND AN ARRAY OF CYLINDRICAL BODIES

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Kaluga, 248000, Russia

A study of unsteady turbulent flow near a cylindrical objects array, the impact of distance between objects in the array on vortex shedding has been carried out using the ANSYS Fluent computing system. Tasks simulation capabilities analysis on the Reynolds equations basis using k - ω-SST turbulence model was carried out.
Keywords: *fluid flow influence, Von Karman Vortex Street, turbulence, computational software, ANSYS Fluent.*

Pashchenko Vasily Vasilyevich - assistant lecturer; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: vasiliy.pashchenko@gmail.com.

Zinovyeva Olga Igorevna - student; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: zinovevaolga15@gmail.com.

УДК 532

В.В. Пащенко, О.И. Зиновьева

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАВИТАЦИОННОГО ПРОЦЕССА В КАНАЛЕ ПЕРЕМЕННОГО ДИАМЕТРА

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

Проведён численный эксперимент, в котором было получено решение для распределения полей давлений и кинетической энергии турбулентности в кавитационном потоке жидкой среды (воды). Показана корректность определения области разделения жидкой и газообразной фаз. Задача рассмотрена в стационарной постановке, что позволило смоделировать процесс образования кавитационных пузырей в области «шейки» канала.
Ключевые слова: *кавитация, турбулентность, расчётные комплексы, ANSYS Fluent.*

Введение. Кавитация - процесс парообразования и последующей конденсации пузырьков пара в потоке жидкости, сопровождающийся шумом и гидравлическими ударами, образование в жидкости полостей (кавитационных пузырьков, или каверн), заполненных паром самой жидкости, в которой возникает [2, 3]. Кавитация возникает в результате местного понижения давления в жидкости, которое может происходить либо при увеличении её скорости (гидродинамическая кавитация), либо при прохождении акустической волны большой интенсивности во время полупериода разрежения (акустическая кавитация), существуют и другие причины возникновения эффекта. Перемещаясь с потоком в область с более высоким давлением или во время полупериода сжатия, кавитационный пузырёк схлопывается, излучая при этом ударную волну.

Явление кавитации носит локальный характер и возникает только там, где есть условия. Перемещаться в среде возникновения не может. Кавитация разрушает поверхность гребных винтов, гидротурбин, акустических излучателей, деталей амортизаторов, гидромуфт и др.

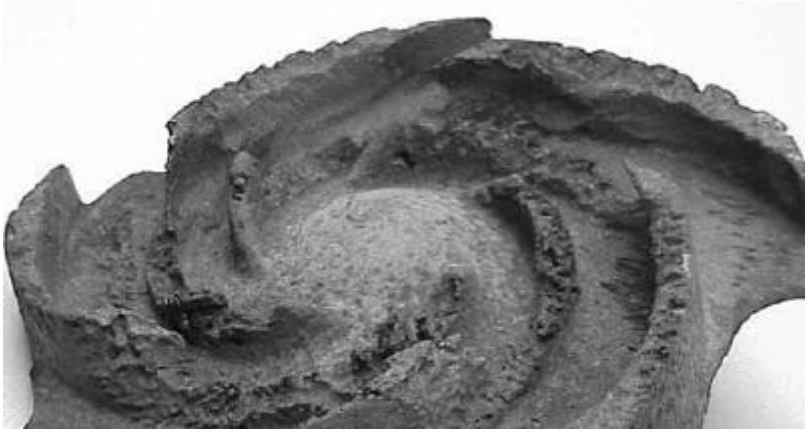


Рис. 1. Кавитационное повреждение лопастей винта

Кавитация представляет собой сложный комплекс следующих явлений:

- выделение пара и растворенных газов из жидкости в тех областях, где давление жидкости равно или меньше давления насыщенных паров.

- местное повышение скорости движения жидкости в том месте, где возникло парообразование, и беспорядочное движение жидкости.

- конденсация пузырьков пара, увлеченных потоком жидкости в область повышенного давления. Конденсация каждого из пузырьков приводит к резкому уменьшению объема и гидравлическому удару в микроскопических зонах; однако «бомбардировка» этими ударами большой площади кавитируемой поверхности приводит и к большим площадям разрушения. Многократно повторяющиеся механические воздействия при конденсации пузырьков вызывают механический процесс разрушения материала колеса, что является наиболее опасным следствием кавитации.

- химическое разрушение металла в зоне кавитации кислородом воздуха, выделившегося из жидкости при прохождении ее в зонах пониженного давления. Этот процесс носит название коррозии. Коррозия, действующая одновременно с цикличными механическими воздействиями, снижает прочность металла.

В последнее наряду с улучшением качества материалов (использованием высококачественных сталей), начали применять защитные покрытия деталей, наиболее подверженных действию кавитации и истиранию. Защитные покрытия могут быть следующих видов:

а) наплавка поверхностей твердыми сплавами;

б) металлизация поверхностей в холодном состоянии;

в) местная поверхностная закалка.

В настоящее время основным методом предсказания кавитационных характеристик натурных изделий является модельный эксперимент. Однако его использование осложнено тем обстоятельством, что кавитация - очень сложное явление, которое зависит от многих факторов. Как показывают эксперименты, к ним относятся вязкость и капиллярность жидкости,

и т.д. Следствием этого является то, что невозможно обеспечить полное динамическое подобие между модельными и натурными условиями обтекания даже для однородного набегающего потока. Поэтому моделирование осуществляется только по основному безразмерному параметру - числу кавитации и, переносить без поправок на натурные условия результаты эксперимента как правило нельзя. Их приходится экстраполировать на натурные условия с помощью полуэмпирических методов (экстраполяторов).

В данной работе рассматривается задача численного моделирования кавитирующего потока воды [4], проходящего через отверстие переменного диаметра с острыми кромками (типичная конфигурация геометрии для топливных инжекторов).

Постановка задачи. В поставленной задаче исследуется процесс кавитации, вызванной разделением потока возле острой кромки (резкое изменение диаметра отверстия). Поток создаётся за счёт разности давлений: на входе создаётся давление $5 \cdot 10^5$Па, на выходе - $9.5 \cdot 10^4$Па. Диаметр отверстия составляет $4 \cdot 10^{-3}$м, соотношение диаметров $\frac{D}{d} = 2.88$, отношение длины канала к диаметру $\frac{L}{d} = 4$, где L, D, d – длина канала, входной и выходной диаметр соответственно. Геометрия канала показана на рис. 2.

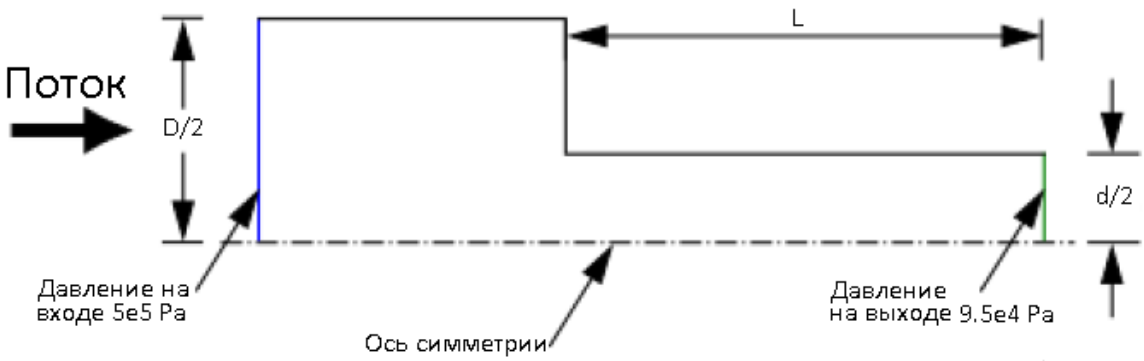


Рис. 2. Геометрия канала

Моделирование. При численном моделировании многофазных потоков рекомендуется использовать решатель двойной точности. Конечно-элементная сетка, использованная при расчёте, показана на рис. 3.

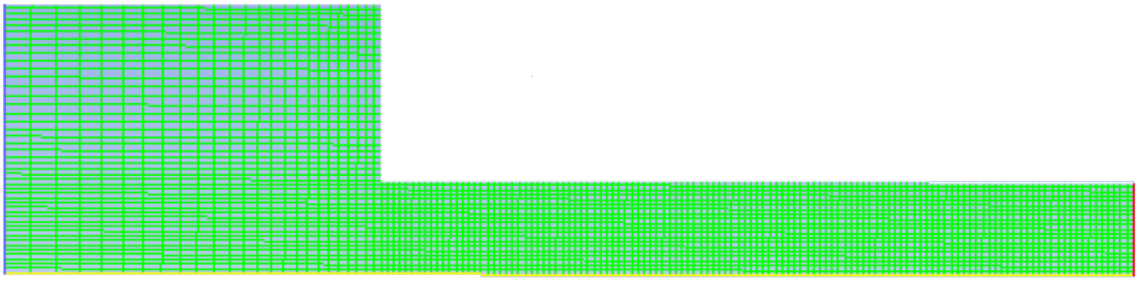


Рис. 3. Расчётная сетка

Как видно из рис. 3, смоделирована только одна половина геометрии канала (вследствие симметричности отверстия) и использовано граничное условие на оси симметрии. Размер четырёхугольных конечных элементов уменьшается по мере удаления от области высокого давления (входное отверстие большего диаметра) и приближения к области более низкого давления. Кроме того, форма КЭ изменяется от прямоугольной до практически квадратной (соотношение сторон элемента стремится к единице) вследствие наличия в узкой области канала градиентов потока под двум направлениям.

Стоит отметить, что использованная в расчёте сетка достаточно грубая. Тем не менее, в кавитационных потоках распределение давления является основным фактором, который, однако, не очень чувствителен к размеру элементов.

Поскольку образовывающиеся пузыри имеют небольшой размер (высокий уровень турбулентности не позволяет пузырям расти), а скорость потока высока, эффектом действия гравитационных сил можно пренебречь, сведя задачу к осесимметричной. Если действием гравитации пренебречь нельзя, а направление действия этих сил не совпадает с осью симметрии объекта, необходимо решать задачу в объёмной постановке.

Вообще говоря, для моделирования нерегулярных циклических процессов образования, роста, отрыва пузырей необходимо рассматривать задачу в нестационарной постановке. Однако данная задача решалась как стационарная для моделирования состояния пара в узкой области канала в осреднённом по времени потоке. В расчёте использовалась $k-\varepsilon$ модель турбулентности. Рассматривалась двухфазная среда – вода и пар.

На входе в качестве граничного условия задавалось избыточное давление в 500 кПа, на выходе – 95 кПа. Для кинетической энергии использовалось значение в 0.02 $\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2}$, для скорости диссипации - 1$\frac{\text{м}^2}{\text{с}^3}$.

Для потоков со сложной топологией гибридная формулировка позволяет получить лучшие результаты для полей скоростей и давлений, нежели стандартная, что может быть использовано для улучшения сходимости решения на итерациях.

Результаты исследования. На рис. 4 показано поле распределения статического давления. Можно отметить качественное падение давления в области перехода канала от большего к меньшему диаметру. Низкое статическое давление и является главным фактором образования кавитационного процесса в данном случае. Кроме того, турбулентность также вносит свой вклад в образование этого процесса вследствие эффекта колебания давления и турбулентной диффузии.

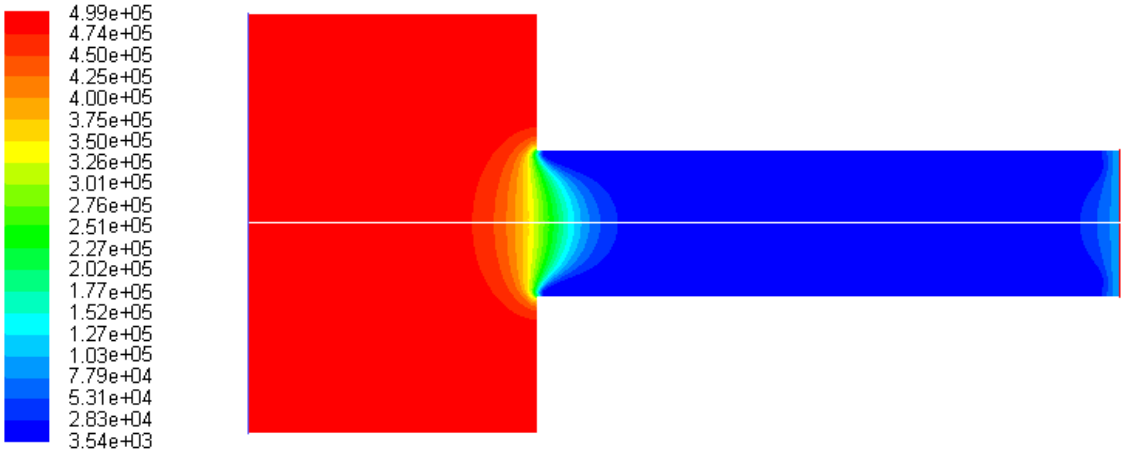


Рис. 4. Поле распределения статического давления, Па

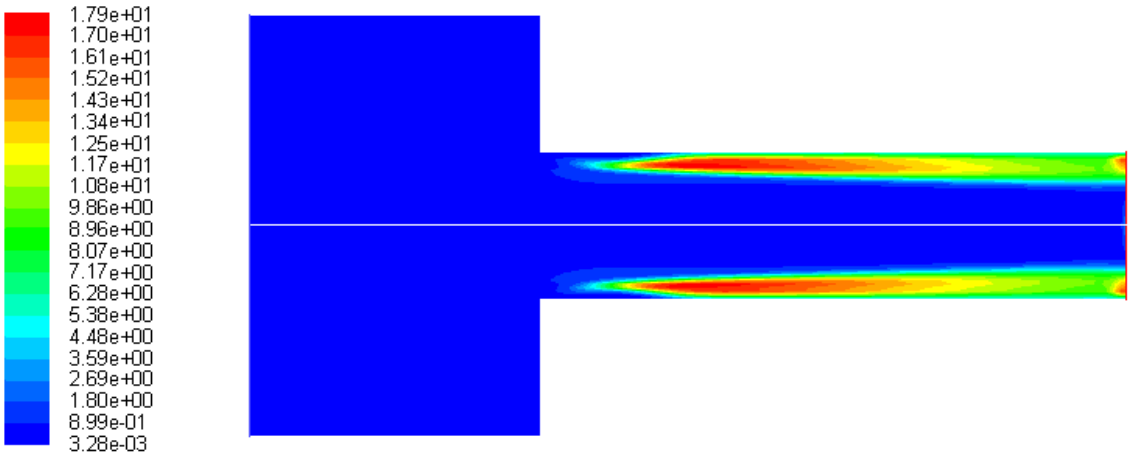


Рис. 5. Поле распределения кинетической энергии, $\frac{м^2}{с^2}$

На рис. 5 показано поле распределения кинетической энергии турбулентности. Видно, что область с высокой кинетической энергией возле «шейки» канала практически совпадает с областью с самым большим объёмным содержанием пара, как показано на рис. 6 (красным обозначена жидкая среда). Это позволяет говорить о корректности определения области разделения фаз. Пар затем конвекционно сносится вниз по потоку.

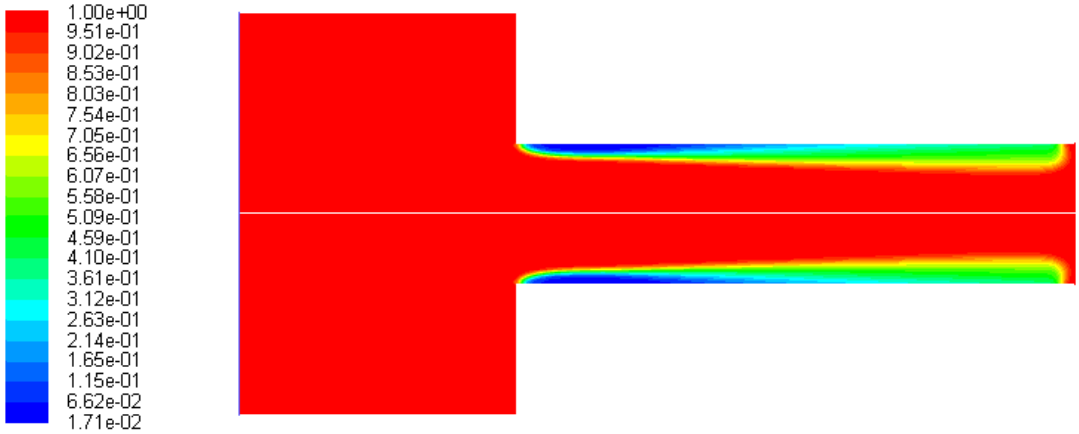


Рис. 6. Поле разделения жидкость/пар

Выводы. В данной работе был поставлен численный эксперимент, в котором было получено решение для распределения полей давлений и кинетической энергии турбулентности в кавитационном потоке жидкой среды (воды). Показана корректность определения области разделения жидкой и газообразной фаз.

Задача рассмотрена в стационарной постановке, что позволило смоделировать процесс образования кавитационных пузырей в области «шейки» канала. Более вычислительно-трудоёмкая нестационарная постановка необходима для более точного моделирования нерегулярных циклических процессов образования и роста пузырьков.

Какие дальнейшие шаги можно предпринять? Для увеличения точности результатов следует использовать схему дискретизации более высокого порядка, а также адаптировать конечно-элементную сетку для геометрии канала, особенно в интересующей области перехода.

Список литературы.

[1]. *Корнфельд М.* Упругость и прочность жидкостей. М.: ГИТТЛ, 1951. 200с.

[2]. *Левковский Ю. Л.* Структура кавитационных течений. Л.: Судостроение, 1977. 222с.

[3]. *Иванов А. Н.* Гидродинамика развитых кавитационных течений. Л.: Судостроение, 1980. 237с.

[4]. *Амромин Э.Л., Васильев А.В., Иванов А.Н.* Решение плоских задач кавитации с учетом капиллярности и вязкости жидкости, в сб. Динамика сплошных сред с границами раздела. 1983.

Пащенко Василий Васильевич - ассистент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: vasiliy.pashchenko@gmail.com.

Зиновьева Ольга Игоревна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: zinovevaolga15@gmail.com.

V.V. Pashchenko, O.I. Zinovyeva

NUMERICAL CAVITATION PROCESS SIMULATION IN ORIFICE WITH VARIABLE DIAMETER

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Kaluga, 248000, Russia

Numerical experiment has been carried out, pressure and turbulence kinetic energy field distribution in cavitation liquid flow was obtained. Liquid and vapor phases separating area determination correctness was approved. The problem was considered in a stationary setting, allowing to simulate the formation of cavitation bubbles in the "neck" of the orifice.
Keywords: *cavitation, turbulence, computational software, ANSYS Fluent.*

Pashchenko Vasily Vasilyevich, - assistant lecturer; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: vasiliy.pashchenko@gmail.com.

Zinovyeva Olga Igorevna - student; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: zinovevaolga15@gmail.com.

УДК 532

В.В. Пащенко, О.И. Зиновьева

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСЖИМАЕМЫХ ТУРБУЛЕНТНЫХ ТЕЧЕНИЙ В ОКРЕСТНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ТЕЛА

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

Проведено исследование нестационарных турбулентных течений в окрестности модельных тел и их систем в рамках 2D-подхода. Обсуждаются особенности численного моделирования задач обтекания потоком жидкости с использованием ANSYS Fluent, связанные с моделированием нестационарных течений. Проведён анализ возможностей моделирования задач воздействий на основе уравнений Рейнольдса.

Ключевые слова: *обтекание цилиндра, воздействия потока жидкости, турбулентность, дорожка Кармана, расчётные комплексы, ANSYS Fluent.*

Введение. Изучение течений вязкой жидкости является одной их центральных проблем механики. Актуальность подобных исследований обусловлена широким распространением таких течений в природе и технических приложениях: в теплообменных аппаратах, градирнях, турбинах, ветрогенераторах и т. д. Большой практический интерес представляет исследование взаимодействия потока жидкости или газа с твердыми телами, в частности расчет гидродинамического сопротивления судов, летательных аппаратов и автомобилей, а также решеток нагревателей и пакетов труб в теплообменных устройствах. Режим течения в таких задачах может существенно зависеть от параметров и геометрии задачи.

Первые значимые аналитические исследования задач внешнего обтекания тел вязкой жидкостью относятся к началу и середине XX века и связаны с именами [1] Прандтля, Эйлера, Кармана и др. Существенный вклад в развитие аналитических методов расчета потенциального обтекания на основе аппарата теории функций комплексного переменного внесли Жуковский, Чаплыгин и многие другие. Основным недостатком аналитических методов гидродинамики является существенное упрощение физики и геометрии течений.

Наряду с аналитическими исследованиями традиционно большое внимание уделяют натурному эксперименту. Однако, проведение натурных экспериментов в гидромеханике зачастую связано со значительными материальными и временными затратами. Прогресс компьютерной техни-

ки во второй половине прошлого века способствовал развитию вычислительной гидродинамики.

Рис. 1. Вихревая дорожка Кармана при обтекании цилиндрического тела

В настоящее время для решения прикладных задач широко используются универсальные коммерческие пакеты программ вычислительной гидродинамики, такие как [2, 3] FLUENT, CFX, StarCD и др. Они являются средством не только инженерных разработок, но и ряда научных исследований. С научной точки зрения интерес представляет применение вычислительных методов для решения модельных задач, для которых существует экспериментальная база и аналитические решения. Это позволяет не только тестировать новые численные схемы и алгоритмы, но и изучить основные гидродинамические эффекты и закономерности.

Общепринятой практикой тестирования методов расчета нестационарных двумерных несжимаемых течений является решение задачи об обтекании кругового цилиндра безграничным потоком вязкой жидкости (рис. 1). Такое течение целиком определяется единственным безразмерным параметром - числом Рейнольдса $Re = \frac{U_\infty}{D\upsilon}$, где U_∞ - скорость набегающего потока, D - диаметр цилиндра, υ - кинематическая вязкость. Экспериментальные данные [4, 5] показывают, что при $Re > 50$ в следе за цилиндром образуется вихревая дорожка. Картины течений, наблюдаемые в экспериментах, достаточно точно воспроизводятся с применением двумерных моделей [6] для чисел Re < 300. При больших числах Рейнольдса в реальных течениях начинают проявляться трехмерные эффекты, которые не могут быть получены с помощью численного решения плоской задачи. Однако, многие важные особенности течения имеют двумерную природу и могут быть исследованы на качественном уровне с помощью двумерных расчетов. Таким образом может быть изучено развитие турбулентности в пограничном слое.

Постановка задачи. Моделирование. Наиболее распространённой тестовой задачей периодического отрывного течения является течение в окрестности цилиндра с образованием вихревой дорожки Кармана. Изучению данного явления посвящено большое количество работ [7, 8]. На основании многочисленных экспериментальных данных, выполненных в различных аэродинамических установках, получена обобщённая немонотонная зависимость числа Струхаля

$$Sh = \frac{nD}{U_\infty},$$

где n – частота срыва вихрей, U_∞ – скорость набегающего потока, D — диаметр цилиндра от числа Рейнольдса набегающего потока

$$Re = \frac{U_\infty}{D\upsilon},$$

где υ— кинематическая вязкость среды. В настоящей работе проведено моделирование течения в окрестности цилиндра диаметром d = 0.02 м в диапазоне чисел Рейнольдса набегающего потока $1 < Re < 2 \cdot 10^4$. Варьирование числа Рейнольдса проводилась за счёт изменения скорости набегающего потока. Численное моделирование выполнено на основе системы нестационарных осреднённых по Рейнольдсу уравнений Навье — Стокса, записанной в переменных скорость - давление. Температура среды предполагалась постоянной. Использованы k – ε [9] и k − ω-SST [10] модели турбулентности, рассмотрено ламинарное течение. Для временной аппроксимации использовалась неявная схема второго порядка.

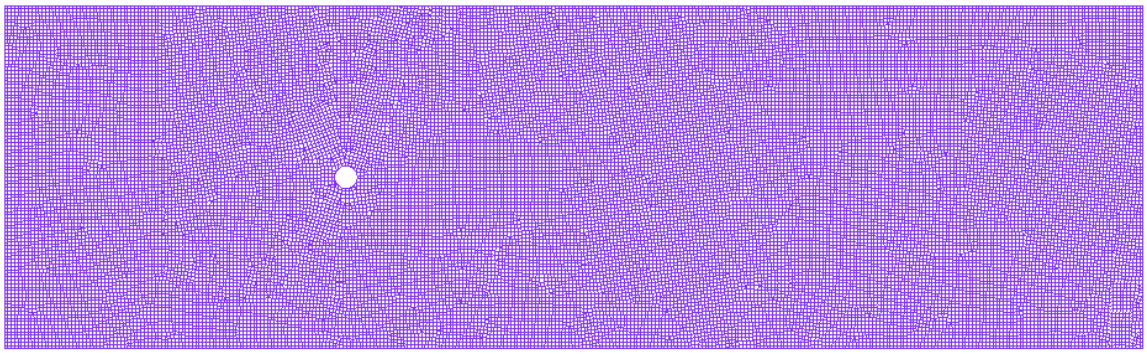


Рис. 2. Начальная расчётная сетка

Расчётная область представлена на рис. 2. На входе в расчётную область задан равномерный поток несжимаемой жидкости, набегающей со скоростью $U_\infty = 0.5 \div 5$ м/с при атмосферном давлении $P_\infty = 10^5$ Па. В качестве входных условий для турбулентных параметров задавались уровень кинетической энергии турбулентности I = 0.15 ÷ 0.8 % и масштаб турбулентности L = 0.001 ÷ 0.03 м. В выходном сечении было задано значение статического давления $P = P_\infty$. Остальные параметры экстраполировались из внутренних ячеек расчётной области. На поверхности цилиндра заданы условия прилипания (отсутствие скольжения). На верхней и ниж-

ней границах расчётной области заданы условия непротекания, т. е. равенство нулю нормальной компоненты скорости.

Результаты исследования. На рис. 3 показано распределение скоростей потока для различных моделей турбулентности – ламинарное течение со скоростью 0.5 м/с, k – ε турбулентная модель при скорости входящего потока 5м/с и k − ω-SST модель для той же скорости соответственно.

На представленном рисунке хорошо видна вихревая дорожка Кармана, пульсации скоростей в «шахматном» порядке, что вызывает появление поперечных усилий, действующих на обтекаемый объект (цилиндр).

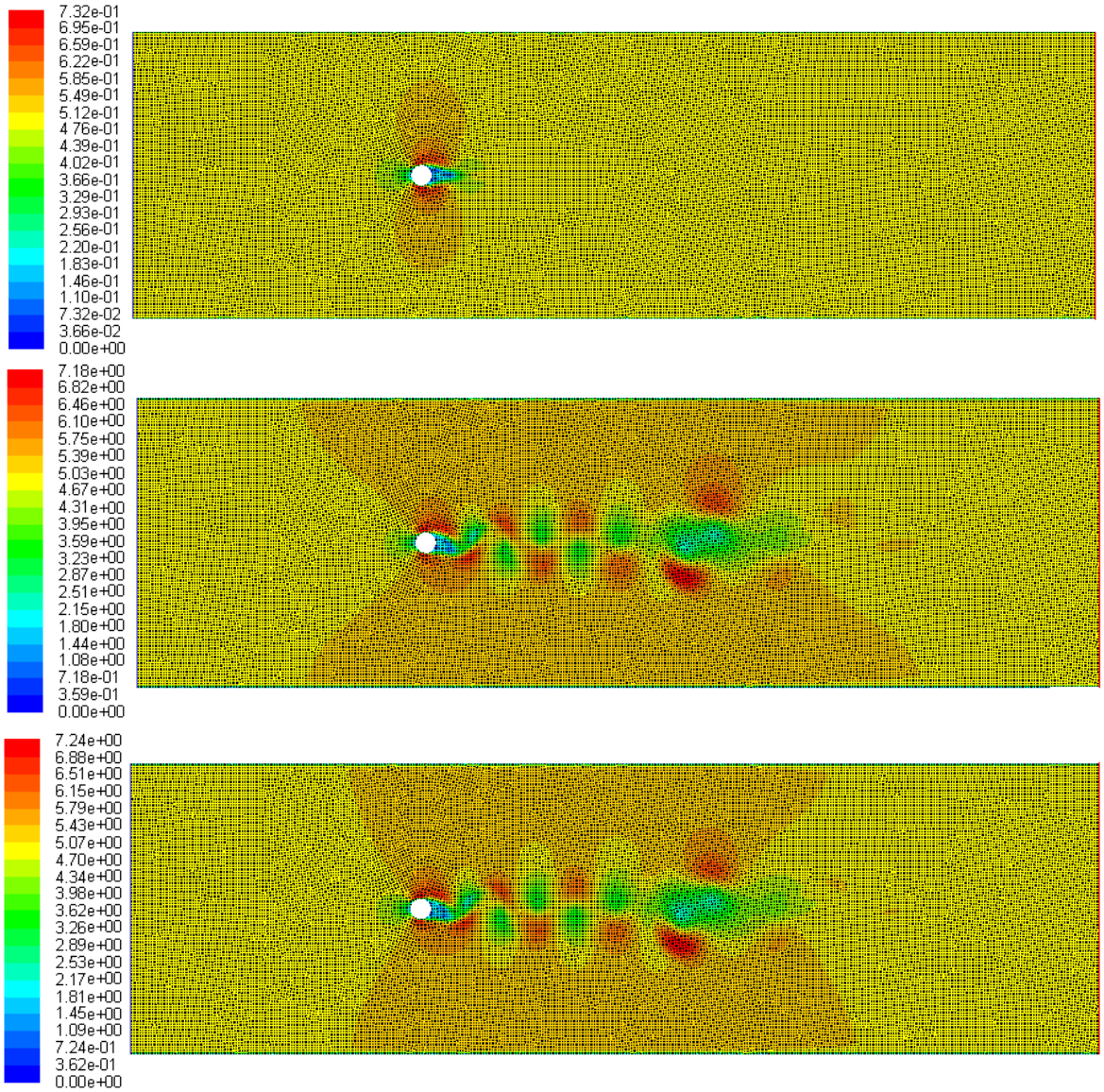


Рис. 3. Распределение скоростей при ламинарном течении, k – ε модели и k − ω-SST модели соответственно

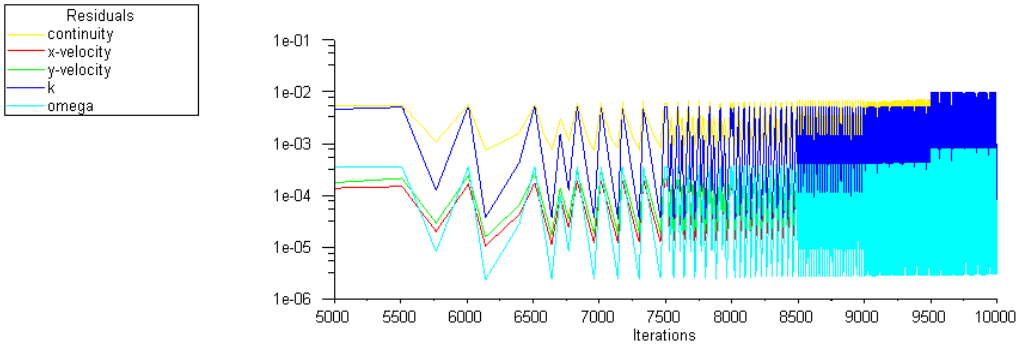


Рис. 4. Графики невязок

На рис. 5 показано мгновенное распределение полей завихрённости для разных моделей турбулентности. Видно, что k – ε и k − ω-SST модели дают отличающиеся картины развития вихревого следа за цилиндром. Более сильное отличие возможно получить для более мелкой расчётной сетки.

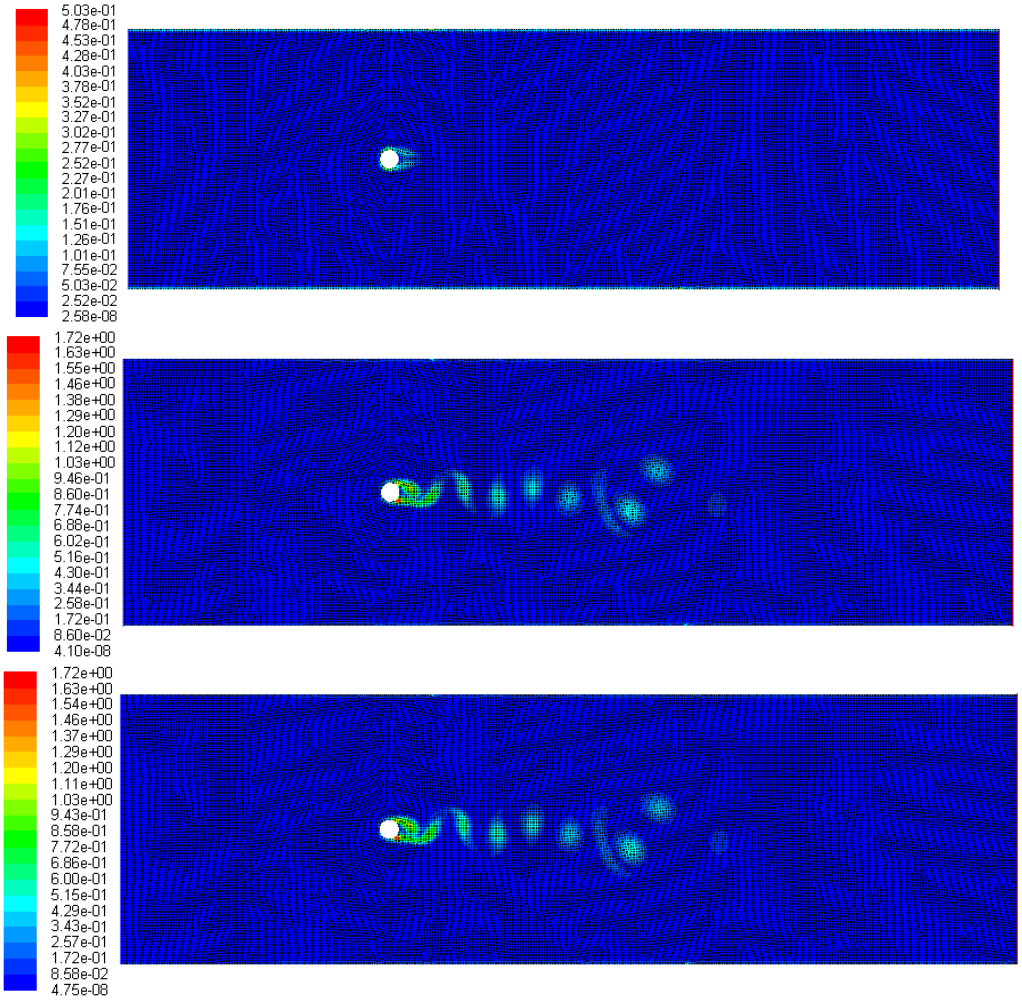


Рис. 5. Распределение поля завихрённости при ламинарном течении, k – ε модели и k − ω-SST модели соответственно

Выводы. С целью разработки и отладки методики моделирования воздействий на инженерные конструкции в работе проведено исследование

нестационарных турбулентных течений в окрестности модельных тел и их систем в рамках 2D-подхода. Обсуждаются особенности численного моделирования задач обтекания потоком жидкости с использованием ANSYS Fluent, связанные с моделированием нестационарных течений. Проведён анализ возможностей моделирования задач воздействий на основе уравнений Рейнольдса (RANS-моделей турбулентности): k − ω-SST и k − ε. Показано, что k−ω-SST-модель турбулентности адекватно воспроизводит основную частоту срыва вихрей в условиях неопределенности начальных параметров турбулентного потока на сравнительно небольших по числу узлов сетках.

В качестве оптимальной модели турбулентности для проведения инженерных расчётов выбрана k − ω-SST-модель.

Список литературы.

[1]. *Шкадов В.Я., Запрянов З.Д.* Течения вязкой жидкости. М.: Издательство МГУ, 1984. 200 с.

[2]. *Белоцерковский О.М.* Численное моделирование в механике сплошных сред. М.: Наука, 1988. 424 с.

[3]. *Гортышов Ю.Ф., Олимиев В.В.* Теплообменные аппараты с интенсифицированным теплообменом. Казань: КГТУ им. А.Н. Туполева, 1999. 176 с.

[4]. *Thorn K.* The flow past circular cylinder at low speeds // Proc. Royal Soc. A. 1933. Pp. 651-669.

[5]. *Андронов П. Р., Гувернюк С. В., Дынникова Г. Я.* Вихревые методы расчёта нестационарных гидродинамических нагрузок. М.: Из-во Московского ун-та, 2006. 184 с.

[6]. *Roshko A.* Experiments on the flow past a circular cylinder at very high Reynolds number // Journal of Fluid Mechanics. 1961. no. 10. Pp. 345-356.

[7]. *Чжен П.* Отрывные течения. Т. 1–3. М.: Мир, 1972–1973.

[8]. *Ван-Дайк М.* Альбом течений жидкости и газа. М.: Мир, 1986. 184 с.

[9]. *Shih T.-H., Liou W.W., Shabbir A. et al.* A new-eddy-viscosity model for high reynolds number turbulent flows — model development and validation // Comput. Fluids. 1995. Vol. 24(3). P. 227–238.

[10]. *Menter F.R.* Two-equation eddy-viscosity turbulence models for engineering application // AIAA J. 1994. Vol. 32, No. 8. P. 1598–1605.

Пащенко Василий Васильевич - ассистент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: vasiliy.pashchenko@gmail.com.

Зиновьева Ольга Игоревна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: zinovevaolga15@gmail.com.

V.V. Pashchenko, O.I. Zinovyeva

NUMERICAL SIMULATION OF INCOMPRESSIBLE TURBULENT FLOWS NEAR THE CYLINDRICAL OBJECT

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Kaluga, 248000, Russia

A study of unsteady turbulent flow near the model bodies and their systems within the 2D-approach has been carried out. The peculiarities of numerical fluid flow simulation using ANSYS Fluent, related to the unsteady flows modeling were discussed. Tasks simulation capabilities analysis on the Reynolds equations basis using k - ω-SST and k − ε turbulence models was carried out.
Keywords: *flow around a cylinder, flow influence, Von Karman Vortex Street, turbulence, computational software, ANSYS Fluent.*

Pashchenko Vasily Vasilyevich, - assistant lecturer; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: vasiliy.pashchenko@gmail.com.

Zinovyeva Olga Igorevna - student; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: zinovevaolga15@gmail.com.

СЕКЦИЯ 10.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК.004.418

И.В. Каширин, А.А. Карышев

АВТОМАТИЗАЦИЯ ДОКУМЕНТООБОРОТА ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СЛУЖБЫ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПО ПРОИЗВОДСТВУ БЕТОНА И РАСТВОРА

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

В работе рассматриваются вопросы автоматизации бизнес процессов на производственных предприятиях. Анализируются особенности организации документооборота на предприятиях по производству бетона и раствора. Ставиться задача разработки подсистем для контроля доверенностей, оформления паспорта качества на продукцию и обмена информацией с операторами бетоносмесительных установок. Разработана подсистема для контроля доверенностей по различным критериям. Разработан электронный документ «Паспорт качества». Он позволяет автоматизировать процесс оформления паспортов качества. Электронный документ имеет печатную форму, соответствующую установленному стандарту. Разработана подсистема для обмена данными с программным обеспечением установок для производства бетона и раствора. Она реализована при помощи обмена данными через xml-файлы. В результате разработана автоматизированная система, позволяющая решить поставленные задачи средствами, встроенными в конфигурацию «1С: Предприятие 8.2.», что значительно упрощает дальнейшую ее использование и модернизацию.

Ключевые слова: *1С: Предприятие 8.2., бизнес процесс, автоматизация, доверенность, паспорт качества.*

Бизнес-процесс с точки зрения информационных технологий - это устойчивый информационный процесс, относящийся к производственно-хозяйственной деятельности компании. Бизнес-процесс включает в себя иерархию взаимосвязанных функциональных действий, реализующих одну из бизнес-целей компании в информационной системе предприятия, например, управление и анализ выпуска продукции или ресурсное обеспечение выпуска продукции.

Автоматизация необходима в том случае, если на предприятии большой объем информации, обрабатывать которую вручную или при помощи устаревших систем стало невозможно.

Автоматизация бизнес-процессов на современном этапе развития способна решать следующие задачи.

Увеличение скорости обработки информации в компании (например, более быстрое прохождение заявки от отдела продаж до участка выписки и отгрузки).

Увеличение прозрачности бизнеса (например, можно оперативно посмотреть задолженность контрагентов).

Согласование действий (например, товар, уже зарезервированный для одного клиента, не уйдет к другому).

Повышение технологичности бизнеса (например, цены, себестоимость и налоги считаются автоматически) и др.

На решение других задач, например, на увеличение потока клиентов, своевременную сдачу отчетности или определение перспектив развития автоматизация непосредственно не влияет

Обычно автоматизация необходима в следующих случаях:

Переориентация на новые задачи (выпуск другой продукции, выход на новые рынки, техническое переоснащение);

Неспособность старой системы автоматизации удовлетворять потребности предприятия;

Подготовка фирмы к продаже (автоматизация должна увеличить ее рыночную стоимость).

Прежде, чем приступать к автоматизации, нужно четко определить, какой именно участок работы необходимо автоматизировать в данный момент. Причем, небольшим компаниям сделать это несложно. Им нужно всего лишь проанализировать, чья деятельность в фирме связана с обработкой и хранением больших объемов информации и построением отчетов. Как правило, это подразделения, которые занимаются бухгалтерским и налоговым учетом, отвечают за движение товарно-материальных ценностей и т. п. Существуют «общепризнанные» процессы, вопросов о необходимости автоматизации которых обычно не возникает. Традиционно это бухгалтерский учет, движение товарно-материальных ценностей, расчет зарплаты и пр. Эти процессы автоматизируют изначально, так как повышение их эффективности вследствии автоматизации многократно доказано.

Отдельно возникает вопрос выбора системы для автоматизации, предпочтение обычно отдают той программе, которая наилучшим образом подходит под технические требования и не станет препятствием для информационного роста в будущем. К сожалению, практически невозможно найти готовую систему, которая была бы способна на сто процентов удовлетворить потребности компании. Поэтому остается выбрать наиболее подходящий по функциональности и стоимости программный продукт.

Все системы автоматизации можно разделить на два класса: жесткие, с набором типовых настроек (например, SAP, Галактика) и гибкие, с воз-

можностью изменять их функции (например, 1С, Microsoft Axapta). Такое деление распространяется на все программы - от простых решений для локальных задач до комплексных систем автоматизации работы крупных предприятий [1].

Сегодня на рынке одной из самых популярных автоматизированных систем является «1С: Предприятие». Она представляет собой специализированную объектно-ориентированную среду разработки приложений, направленных на учет и реализацию товаров, расчет заработной платы, оптимизацию бизнес-процессов и для решения иных задач, которые могут потребоваться при управлении предприятием [1].

Она включает в себя платформу и прикладные решения, разработанные на ее основе, для автоматизации деятельности организаций и частных лиц. Сама платформа не является программным продуктом для использования конечными пользователями, которые обычно работают с одним из многих прикладных решений (конфигураций), разработанных на данной платформе [2].

«1С: Комплексная автоматизация» 8.2. является одним из основных прикладных решений, позволяющее решать задачи комплексной автоматизации управления и учета для широкого круга коммерческих предприятий, тем самым не только повышая качество и эффективность производственной деятельности предприятия, но и упрощая работу его сотрудников. В данной статье предполагается, что на предприятии уже изначально установлена система «1С: Комплексная автоматизация» доработка которой позволит автоматизировать документооборот участка выписки документов.

Рассмотрим стандартную систему выписки документов на предприятии по производству бетона и раствора. Выписка документов производится в несколько этапов, причем на каждом этапе задействованы различные подразделения компании и разные электронные документы.

На первом этапе составляется заявка от покупателя. За оформление заявки отвечает коммерческий отдел. В информационной базе заводится новый документ «заказ покупателя» в котором отражается номенклатура, количество, цена, дата отгрузки и прочие необходимые реквизиты. На основании заказа покупателя выставляется счет на оплату.

На втором этапе осуществляется оплата продукции и выписка необходимых бухгалтерских документов (счет-фактура и ТОРГ-12). За выписку этих документов отвечает бухгалтерия. В информационной базе заводятся два электронных документа «реализация товаров и услуг» и «счет-фактура выданный», причем оба документа вводятся на основании заказа покупателя, что позволяет не заполнять реквизиты, а автоматически подгружать их из заказа покупателя.

Непосредственная отгрузка производится диспетчерской службой предприятия, как правило это происходит в несколько этапов (кратно количеству машин). Для оформления отгрузки используется электронный

документ «расходный ордер на товары», который позволяет оперативно учитывать количество отгруженной продукции. Создается он на основании документа «заказ покупателя». Для одного заказа покупателя может быть несколько расходных ордеров.

На рисунке №1 представлена структура подчиненности документов на отгрузку. Все представленные документы изначально присутствуют в программе «1С: Комплексная автоматизация», однако они не способны в полной мере отвечать потребностям бизнес процессов на специфических производствах таких как производство бетона и раствора.

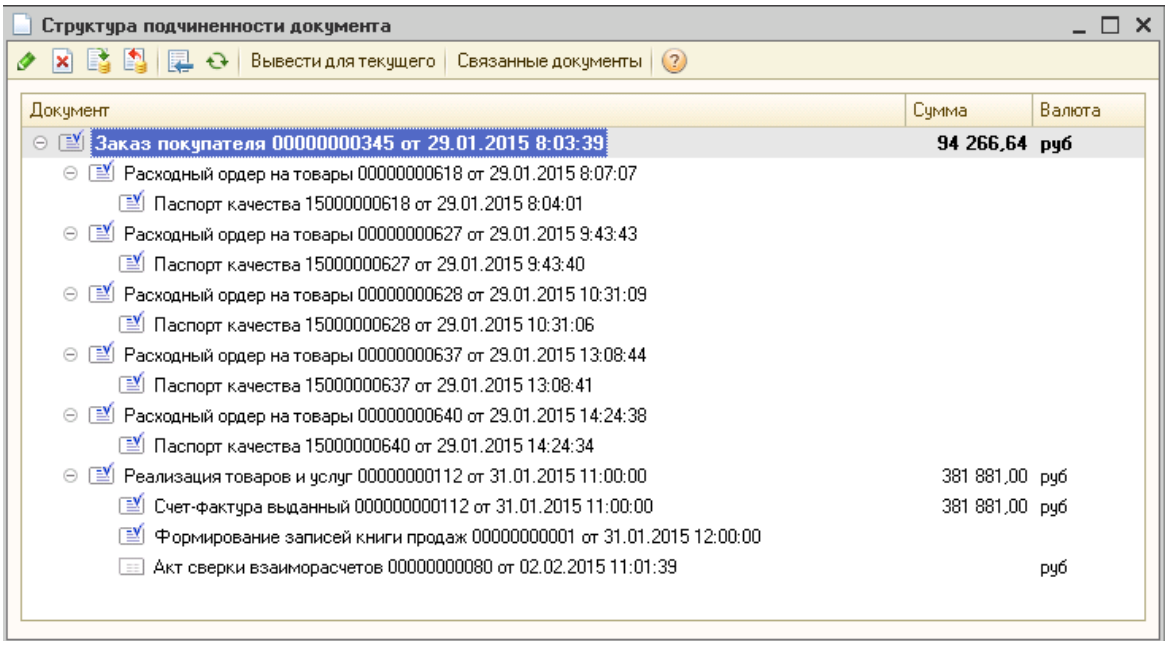


Рис. 1. Структура подчиненности документов

Несмотря на масштабность системы «1С: Предприятие», некоторые из бизнес процессов в ней не учтены или учтены не полностью, из-за чего систему необходимо дорабатывать под нужды конкретной организации. В данном случае доработки производились в трех направлениях.

Автоматизация контроля за актуальностью доверенностей от покупателей.

Автоматизация процесса выдачи паспортов качества готовой продукции в соответствии с ГОСТ 7473-2010.

Выгрузка необходимых параметров отгрузки в файл формата XML.

В стандартной поставке «1С: Комплексная автоматизация» системы контроля за доверенностями от покупателей не предусмотрено. Чаще всего работа по контролю за доверенностями организуется вручную, что часто приводит к отгрузкам без доверенности или по просроченной доверенности, наличию подписей в документах лиц, на которых доверенность не выдана. Следовательно контроль за наличием актуальной доверенности и правильным ее оформлением является важной задачей. Поэтому на первом

этапе была автоматизирована работа по контролю за доверенностями от покупателей.

Для решения этой задачи был разработан справочник «Доверенности контрагента». Он имеет свою форму добавления доверенностей, при работе с которой необходимо заполнить следующие реквизиты: номер доверенности, наименование организации, дата выдачи, дата окончания действия, доверенное лицо. Также необходимо выбрать номенклатуру на которую будет распространяться доверенность и ее количество. Если номенклатура выбрана не будет – доверенность будет действовать на всю номенклатуру.

Форма добавления доверенности представлена на рисунке №2. Все добавленные доверенности отображаются в справочнике "Доверенности контрагента".

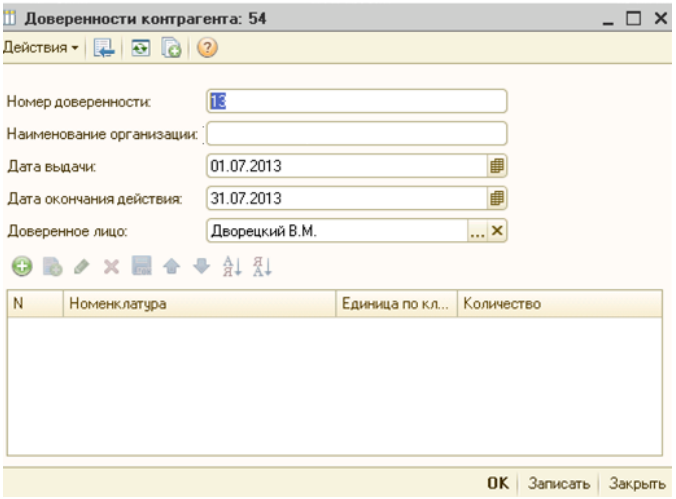


Рис. 2. Форма добавления доверенности

Данные из доверенности применяется при оформлении документа «Реализация товаров и услуг». Выбор доверенности производится во вкладке «Печать», представленной на рисунке №3.

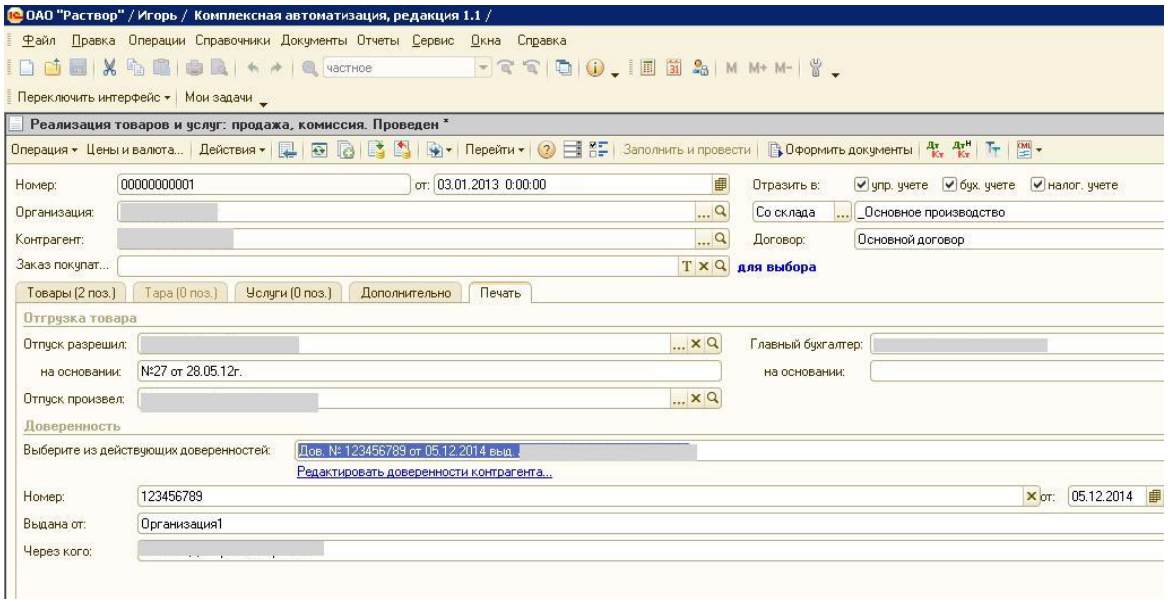


Рис. 3. Выбор доверенности

Контроль за наличием актуальной доверенности осуществляется автоматически. При этом бывает необходимо контролировать не только наличие и время действия доверенности, но и соответствие номенклатуры и количества отгружаемого товара указанным в доверенности контрагента. Задача усложняется тем фактом, что по одной доверенности отгрузка товара может производиться в течение определенного промежутка времени и регистрироваться разными документами в системе 1С.

Принимая во внимание, что информация о наличии актуальной доверенности необходимо на всех этапах отгрузки, было принято отбражать ее на формах документов «Заказ покупателя» и «Реализация товаров и услуг» в виде бегущей строки «Есть доверенности для выбора», рисунок №4.

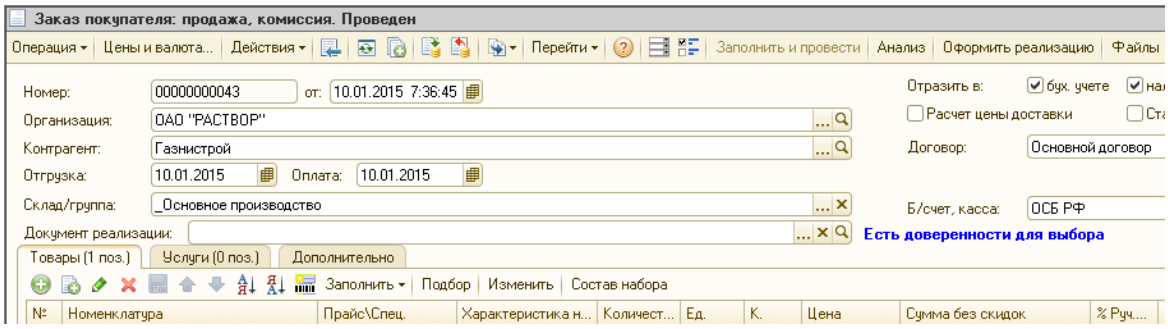


Рис. 4. Строка контроля наличия доверенности

Если выбранная доверенность распространяется только на конкретные виды продукции, а выбрана продукция, не указанная в доверенности, то выводится служебное сообщение, представленное на рисунке №5.

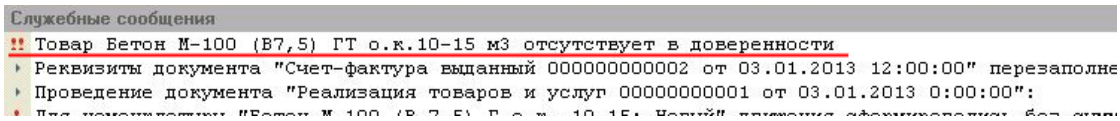


Рис. 5. Служебное сообщение

Как отмечалось ранее, доверенность выдается на определенное количество продукции. В данном случае доверенность распространяется на 1000 м^3 любой продукции из номенклатурной группы «Бетон гравий», поэтому если будет выбран больший объем продукции, при проведении документа будет выведено служебное сообщение, представленное на рисунке №6.

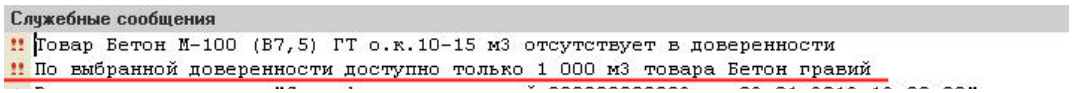


Рис. 6. Служебное сообщение

Таким образом, разработанная подсистема позволяет контролировать следующие аспекты работы с доверенностью.

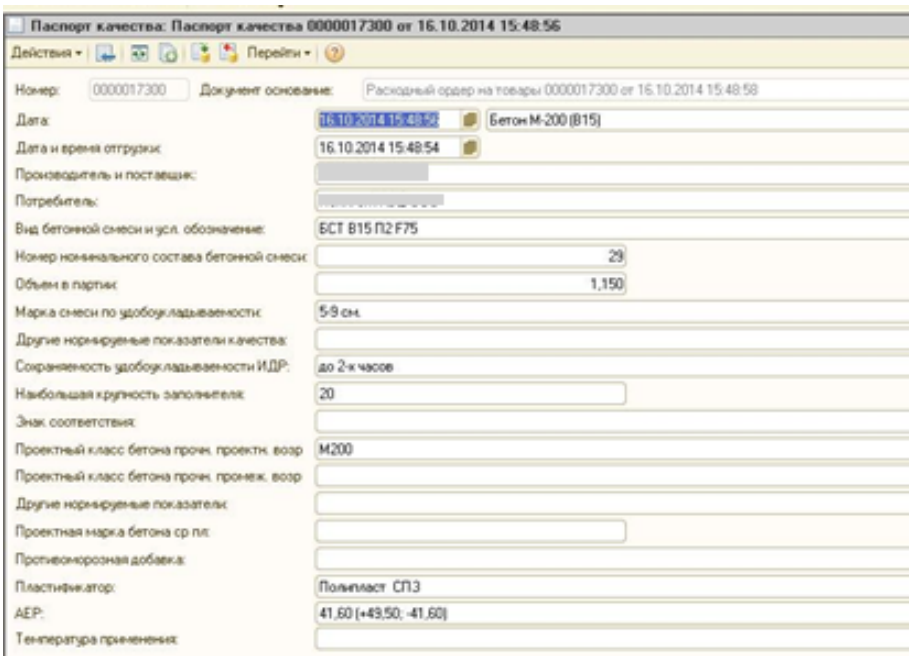
Соответствие сроков выдачи доверенности дате указанной в документе реализации.

Соответствие лица, которому выдана доверенность.

Соответствие количества выбранного за период действия доверенности указанному в доверенности объему.

Соответствие отгруженных товаров, группам товаров, указанных в доверенности.

На втором этапе автоматизации была разработана подсистема формирования паспортов качества на основании ГОСТ 7473-2010. В соответствии с этим документом существует стандартная форма документа, который необходимо выдавать на каждую партию продукции. Для этого был разработан новый электронный документ «Паспорт качества». Принимая во внимание, что за отгрузку партии продукции отвечает электронный документ «Расходный ордер на товары» было принято решение, что электронный документ «Паспорт качества» будет вводиться на основании электронного документа «Расходный ордер на товары». Номер паспорта качества должен быть идентичен номеру расходного ордера. Также, для реализации документа «Паспорт качества» были созданы справочники «Бетон» и «Раствор», подчиненные типовому справочнику «Номенклатура». Задачей этих справочников является хранение данных необходимых для заполнения реквизитов электронного документа «Паспорт качества». Электронная форма документа «Паспорт качества» представлена на рисунке №7.



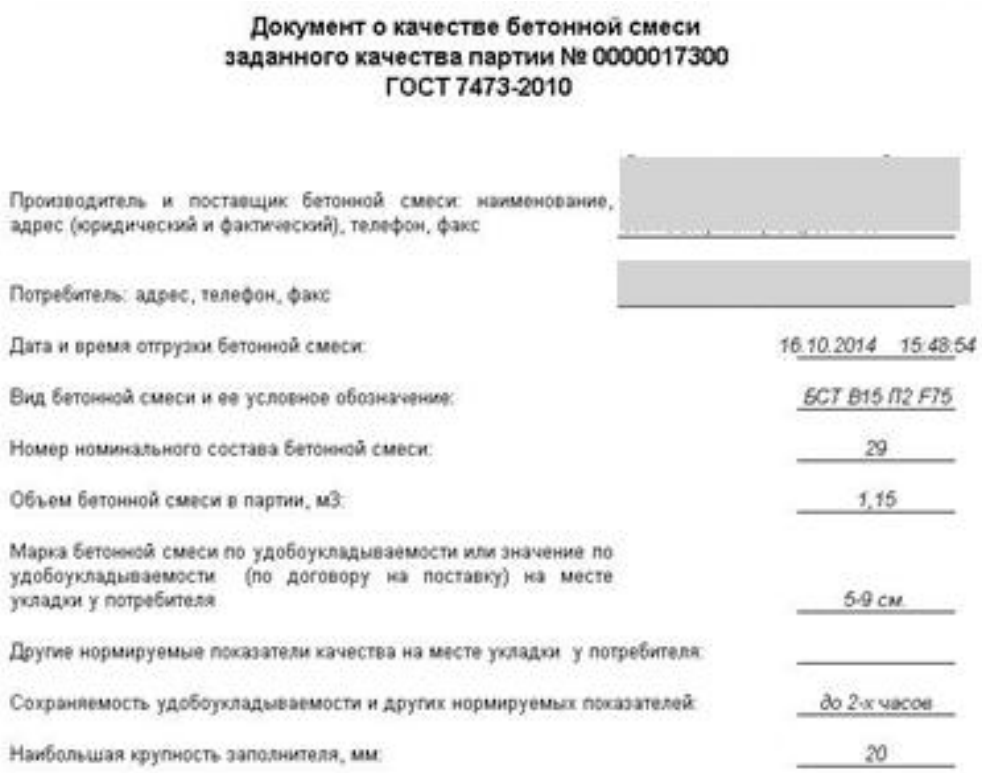
Паспорт качества: Паспорт качества 0000017300 от 16.10.2014 15:48:56

Действия | Перейти

Номер:	0000017300
Документ основание:	Расходный ордер на товары 0000017300 от 16.10.2014 15:48:58
Дата:	16.10.2014 15:48:52 Бетон М-200 (В15)
Дата и время отгрузки:	16.10.2014 15:48:54
Производитель и поставщик:	
Потребитель:	
Вид бетонной смеси и усл. обозначение:	БСТ В15 П2 F75
Номер номинального состава бетонной смеси:	29
Объем в партии:	1,150
Марка смеси по удобоукладываемости:	5-9 см.
Другие нормируемые показатели качества:	
Сохраняемость удобоукладываемости И.ДР:	до 2-х часов
Наибольшая крупность заполнителя:	20
Знак соответствия:	
Проектный класс бетона прочн. проектн. возр	М200
Проектный класс бетона прочн. промеж. возр	
Другие нормируемые показатели:	
Проектная марка бетона ср пл:	
Противокоррозная добавка:	
Пластификатор:	Полипласт СП3
АЕР:	41,60 (+49,50; -41,60)
Температура применения:	

Рис. 7. Пример формы «Паспорта качетва»

Электронный документ «Паспорт качества» также имеет свою печатную форму, фрагмент которой представлен на рисунке №8.



Документ о качестве бетонной смеси
заданного качества партии № 0000017300
ГОСТ 7473-2010

Производитель и поставщик бетонной смеси: наименование, адрес (юридический и фактический), телефон, факс	
Потребитель: адрес, телефон, факс	
Дата и время отгрузки бетонной смеси:	16.10.2014 15:48:54
Вид бетонной смеси и ее условное обозначение:	БСТ В15 П2 F75
Номер номинального состава бетонной смеси:	29
Объем бетонной смеси в партии, м3:	1,15
Марка бетонной смеси по удобоукладываемости или значение по удобоукладываемости (по договору на поставку) на месте укладки у потребителя	5-9 см.
Другие нормируемые показатели качества на месте укладки у потребителя:	
Сохраняемость удобоукладываемости и других нормируемых показателей:	до 2-х часов
Наибольшая крупность заполнителя, мм:	20

Рис. 8. Фрагмент печатной формы электронного документа «Паспорт качества»

На третьем этапе было необходимо разработать систему, позволяющую выгружать информацию необходимую для операторов бетоносмеси-

тельных установок (БСУ). Для реализации этой задачи был разработан функционал, выгружающий необходимые данные в файл формата XML. Работа с XML-документами, упрощается тем, что достаточно использования встроенных в систему механизмов работы с XML. Основные механизмы представлены на рисунке №9.

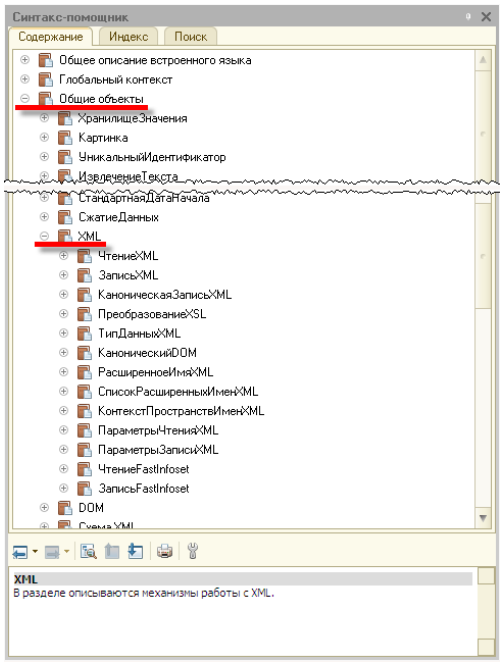


Рис. 9. Механизмы работы с XML

Выгрузка файла производится изэлектронного документа «Расходный ордер на товары» кнопке «Выгрузка». Документ выгружается в файл формата XML и храниться в специальной папке на сервере, доступ к которой прописан для программ БСУ. Пример файла представлен на рисунке №10.

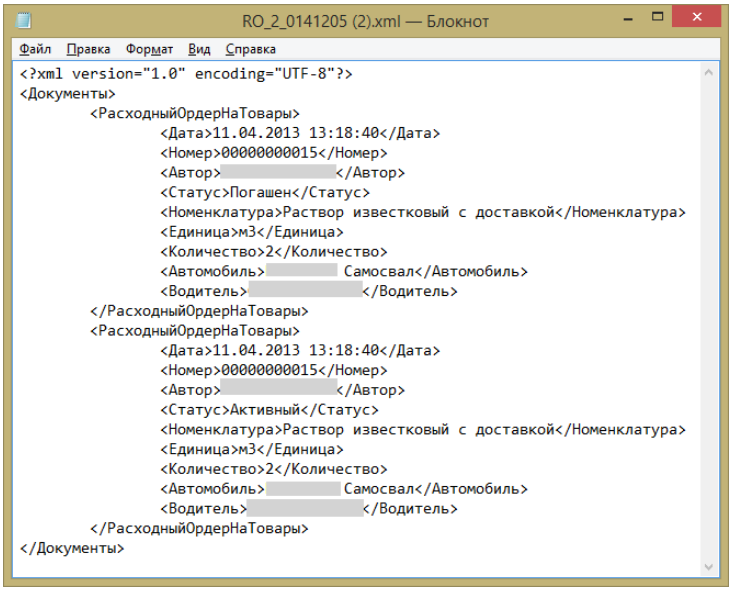


Рис.10. Пример выгруженного XML документа

В случае если данные документа «Расходный ордер на товары» уже выгружались в данный файл, предыдущей выгрузке присваивается статус «Погашен», а новой – «Активный».

Таким образом, для автоматизации работы диспетчерской службы предприятий по производству бетона и раствора была разработана автоматизированная система на базе «1С: Комплексная автоматизация» позволяющая автоматизировать следующие процессы.

Контроль за доверенностями от покупателей.

Выписку паспортов качества на партии отгружаемой продукции.

Взаимодействие диспетчерской службы с операторами БСУ.

Внедрение системы позволит уменьшить количество работников, задействованных в обеспечении бизнес процессов, снизить процент ручного труда, а также значительно уменьшить вероятность ошибок персонала.

Список литературы

[1] Сорокин, Александр Владимирович. Программирование в 1С / А.В. Сорокин. – Москва: Изд-во ДМК Пресс, 2009. – 272 с.

[2] 1С: Предприятие 8 [Электронный ресурс] http://v8.1c.ru/overview/?printversion=1 (Дата обращения 6.03.2015)

[3] 1С: Предприятие 8 – Объекты конфигурации [Электронный ресурс] view-source:http://v8.1c.ru/overview/Term_000000264.htm (Дата обращения 6.03.2015)

Каширин Игорь Валерьевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ak9105252055@yandex.ru.

Карышев Андрей Анатольевич - канд. техн. наук, доцент кафедры ЭИУ5-КФ «Системы автоматизированного проектирования» КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ak9105252055@yandex.ru.

I.V. Kashirin, A.A. Karyshev

WORKFLOW AUTOMATION DISPATCHING SERVICE AT FACTORIES PRODUCING CONCRETE AND MORTAR

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Kaluga, 248000, Russia

The paper deals with the automation of business processes in manufacturing plants. Analyzes the characteristics of workflow in enterprises for the production of concrete and mortar. Put the task of developing subsystems for control of powers of attorney, a passport quality products and the exchange of information with the operators of concrete mixing plants. Subsystem is designed to control the power of attorney according to various criteria. Developed electronic document "quality passport". It allows you to automate the process of design quality certificates. Electronic document has printed form approved standard. Subsystem is designed to exchange data with software batching plants. The subsystem to communicate with the software systems for the production of concrete and mortar. It is implemented through the exchange of data via xml-files. As a result, developed an automated system that allows to solve tasks tools built into the configuration «1C: Enterprise 8.2.», which greatly simplifies its use and further modernization.

Key words*: 1C:Enterprise 8.2., business process, power of attorney, certificate of quality.*

Kashirin Igor Valerievich - student; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: ak9105252055@yandex.ru.

Karyshev Andrey Anatolievich, - Ph. D., assoc. Professor; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: ak9105252055@yandex.ru.

УДК 599.722

А.А. Карышев, Д.Э. Багиян

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛИТЬЕВЫХ ФОРМ

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

Разрабатывается автоматизированная система проектирования литьевых форм. Анализируются проблемы конструирования литьевых форм. Описывается состав литьевых форм. Указываются преимущества использования в литьевых формах стандартных деталей. Рассматривается алгоритмы подбора литьевых форм и термопластавтомата. Проектируется база данных для хранения информации о параметрах литьевых форм. Строится трехмерная модель литьевой формы. Производится расчет проливаемости изделия посредством интерфейса SolidWorks API. Приводится интерфейс пользователя программы. Рассматривается схема взаимодействия пользователя с приложением. Приводятся результаты работы автоматизированной системы. В результате проделанной работы, была создана автоматизированная система, обеспечивающая быструю работу конструктора по подбору и анализу литьевых форм. Спроектирован удобный и понятный интерфейс, позволяющий быстро подобрать литьевую форму и провести необходимые инженерные расчеты.

Ключевые слова: *литьевые формы, термопластавтомат, интерфейс, SolidWorks, API, проливаемость.*

Литьё полимеров под давлением — технологический процесс переработки пластмасс путем впрыска их расплава под давлением в литьевую форму, с последующим охлаждением. Термопластичные материалы, используемые при литье под давлением, имеют широкий диапазон физических и химических свойств и легко поддаются повторной переработке.

Литьё пластмасс под давлением осуществляется на специальных инжекционно-литьевых машинах — термопластавтоматах (ТПА).

Методом литья под давлением производится более трети от общего объема изделий из полимерных материалов. В связи с высокой производительностью и относительно высокой стоимости оснастки в основном применяется при крупносерийном и массовом производстве изделий из пластмасс.

Получение изделия путем литья пластмасс под давлением невозможно без использования литьевой формы, которая в точности соответствует то-

му изделию, которое необходимо изготовить. Процесс производства формы достаточно долгий и сложный, ведь она не должна иметь каких-либо изъянов и недостатков, так как все они затем отразятся на изделии. Производство литьевых форм является сложным и высокотехнологичным процессом, который может растянуться на несколько месяцев. Он требует участия квалифицированных специалистов, способных разработать необходимую модель литьевой формы и хорошо разбирающихся в технической документации.

Литьевая форма для производства пластмассовых изделий методом литья обычно состоит из следующих элементов: нескольких плит для крепления и обеспечения технологичности литьевой формы, системы для заливки пластмассы, системы охлаждения, системы выталкивания и системы формообразования деталей. Очевидно, что чем качественнее будет изготовлена литьевая форма, тем больше качественных пластмассовых изделий может быть изготовлено с помощью одной литьевой формы [1].

Любая литьевая форма на 70% состоит из стандартных по номенклатуре и весу деталей. Эти детали по цене составляют до 60% от ее полной стоимости. Наиболее материалоемкими и важными среди стандартных деталей являются плиты. Ниже перечислены основные преимущества использования в формах стандартных деталей.

1. Взаимозаменяемость и ремонтопригодность. Предприятия, эксплуатирующие литьевые формы, могут легко заменить вышедшую из строя деталь, просто заказав ее аналог. Также целесообразно иметь на складе запас деталей, по статистике наиболее часто выходящих из строя. Это значительно снижает время простоя оборудования, так как при поломке детали не надо ждать дни и недели, пока доставят аналогичную деталь.

2. Высокое качество. Использование стандартных деталей зачастую значительно повышает качество изготовленной формы. Это связано с высоким профессионализмом предприятий, изготавливающих стандартные элементы. Залогом их высокого качества служат узкая специализация таких предприятий и их большой производственный опыт.

3. Снижение стоимости. В большинстве случаев дешевле купить стандартные детали производства узкоспециализированной фирмы. Изготовленные в процессе «поточного» производства, по отработанную технологии и надежными поставщиками, они имеют и более низкую себестоимость по сравнению с себестоимостью нестандартных деталей, изготовленных, например, производителями литьевых форм.

4. Удобство при проектировании. Этому могут способствовать различного рода программные продукты.

Современная экономическая ситуация поставила перед машиностроительными предприятиями задачу по выпуску конкурентоспособной продукции в короткие сроки. Усиление фактора конкуренции повлекло за собой постановку на производство новой часто меняющейся продукции, а

также увеличение её конструктивной сложности и повышение предъявляемых требований к её качеству. В этих условиях важнейшими задачами для предприятия стали: быстрое реагирование на требования рынка, повышение эффективности производства, снижение стоимости и сокращение сроков выхода на рынок конкурентоспособной продукции требуемого уровня качества. Одним из важнейших этапов в производстве является этап конструирования. Это связано с тем, что конструктор должен обеспечить технические и экономические свойства изделия за как можно более короткий срок[2].

Исходя из сказанного выше, задача быстрого подбора и проектирования основных элементов литьевых форм является современной и актуальной. Ее реализация описана в настоящей статье. Для решения поставленной задачи необходимо реализовать алгоритмы подбора, построения и расчетов литьевых форм. В качестве среды разработки была выбрана Microsoft Visual Studio. Для трехмерного моделирования и инженерных расчетов был выбран программный пакет SolidWorks. Для подбора и хранения типовых элементов литьевых форм и термопластавтоматов была выбрана система управления базами данных Microsoft SQL Server Express [3].

По габаритным размерам оформляющих изделий система подбирает литьевую форму выбранного производителя. Подбор осуществляется исходя из того, что в форме должны быть проложены каналы охлаждения. Кроме того, в целях экономии важно подобрать форму минимальную из допустимых. Все плиты характеризуются габаритными размерами. Каждая плита имеет длину и ширину, которые фиксированы производителем и не изменяются для той или иной формы, а также высоту. Высоты каждой плиты также фиксированы, но имеют несколько значений, которые выбираются исходя из конструкции отливаемого изделия. После того как форма подобрана необходимо построить ее трехмерную модель, и после чего, исходя из габаритных размеров формы и объема отливки можно подобрать термопластавтомат.

Для учета всех вышеперечисленных факторов и правильного была спроектирована модель базы данных. Ее реализация представлена на рисунке №1. Сущность «Forms» содержит все фиксированные размеры литьевых форм, Сущность «Heights» содержит все высоты плит, которые конструктор может подобрать сам. Сущность «TPA» хранит все параметры необходимые для подбора термопластавтомата и расчета проливаемости.

После подбора всех плит литьевой формы, используя полученные размеры, при помощи интерфейса SolidWorks API, можно построить трехмерную модель всех плит в сборе. Этот интерфейс, позволяет разрабатывать пользовательские приложения для системы SolidWorks. API интерфейс содержит множество функций, которые можно вызывать из программ Microsoft Visual Basic, Microsoft Visual C++, Microsoft Visual Studio или из файлов-макросов SolidWorks. Эти функции предоставляют разработчику

прямой доступ к функциональным возможностям SolidWorks [4]. Используя этот интерфейс можно обращаться к свойствам эскизов и элементов трехмерного моделирования.

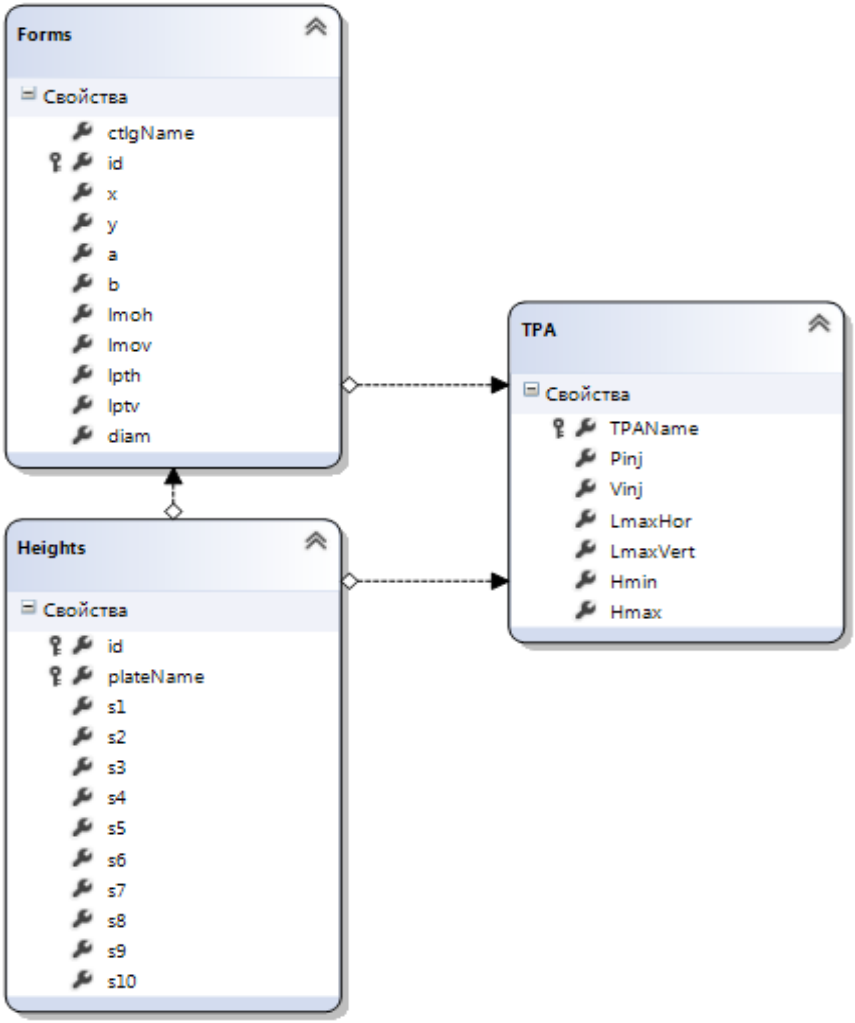


Рис. 1. Модель базы данных

После того как форма построена, по ее габаритам и объему отливки конструктор может быстро подобрать термопластавтомат на котором будет отливаться изделие. В базе данных должны храниться значения для тех термопластавтоматов, которые используются на данном конкретном предприятии. Реализовав функционал подбора и построения форм, конструктору необходимо провести инженерные расчеты. Для ускорения этой работы также используется интерфейс SolidWorks API.

Схема работы пользователя с приложением изображена на рисунке №2. Из рисунка видно, что от пользователя требуется лишь выбрать действие, все остальное производится без его участия. Вручную пользователь вводит только габаритные размеры оформляющих элементов, или при необходимости загружает деталь для инженерного расчета.

В качестве примера работы программы рассмотрим подбор литьевой формы для оформляющих изделий с габаритными размерами 50х60 и объемом отливки 30 куб. см.

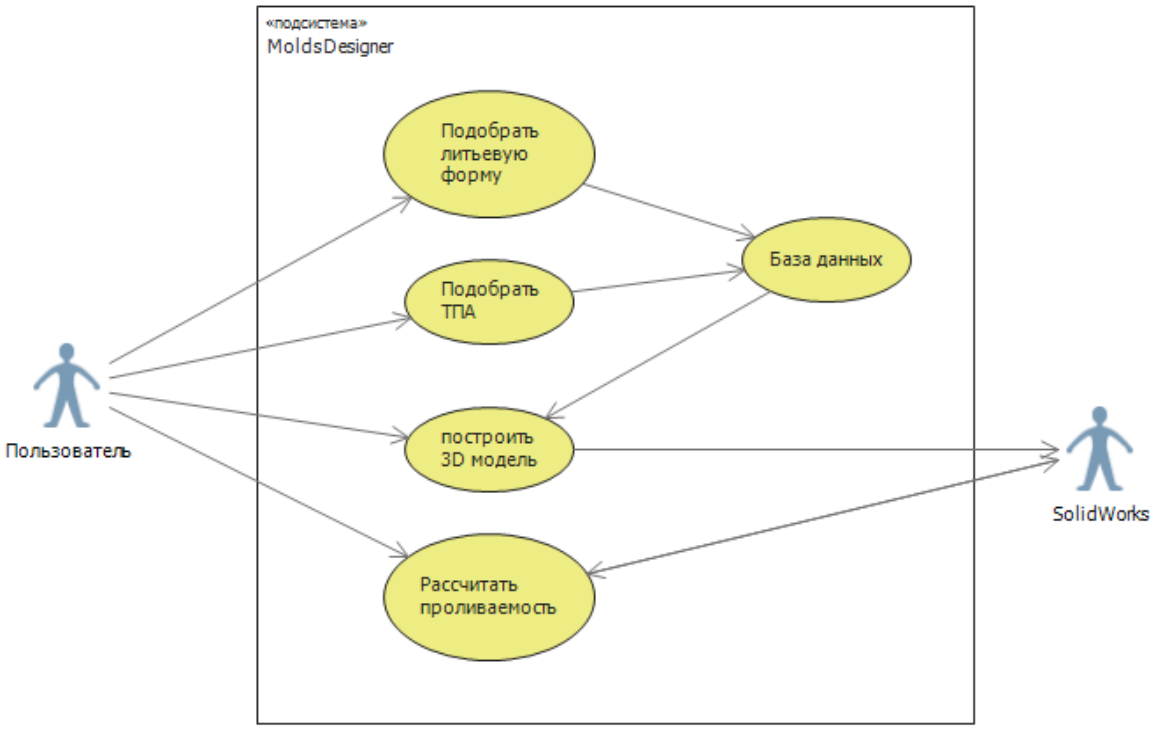


Рис. 2. Схема взаимодействия пользователя с приложением

После запуска приложения появляется окно, представленное на рисунке №3. В из списка каталогов выбирается необходимый и проставляются длина и ширина оформляющих элементов. После чего нажимается кнопка «Подобрать форму».

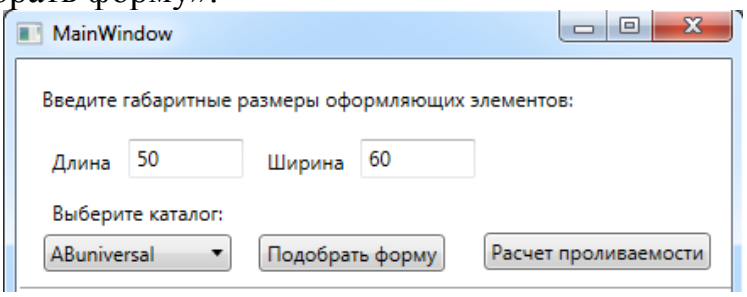


Рис. 3. Начальное окно программы

Далее окно приобретает вид представленный на рисунке №4. В окне указывается габаритные размеры подобранной формы. В выпадающие списки для каждой плиты отбираются высоты элементов в соответствии с подобранной формой. После того как высоты подобраны конструктором, нажимается кнопка «Построить 3D модель». После чего в SolidWorks появляется построенная модель в соответствии с размерами отобранными из базы данных. Из рисунка №5 можно определить, что выбранные значения

толщин соответствуют модели, а также, что габаритные размеры 246x206 плит соответствуют тем, которые были выбраны в приложении.

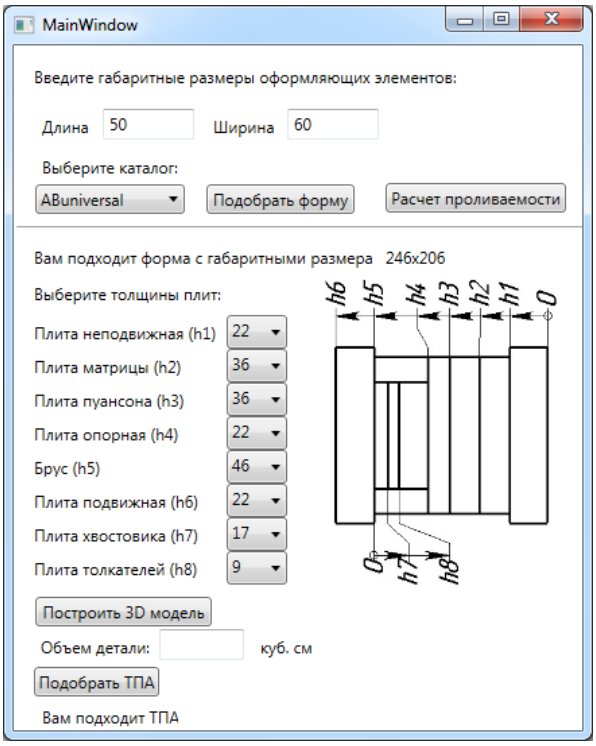


Рис. 4. Выбор толщин элементов

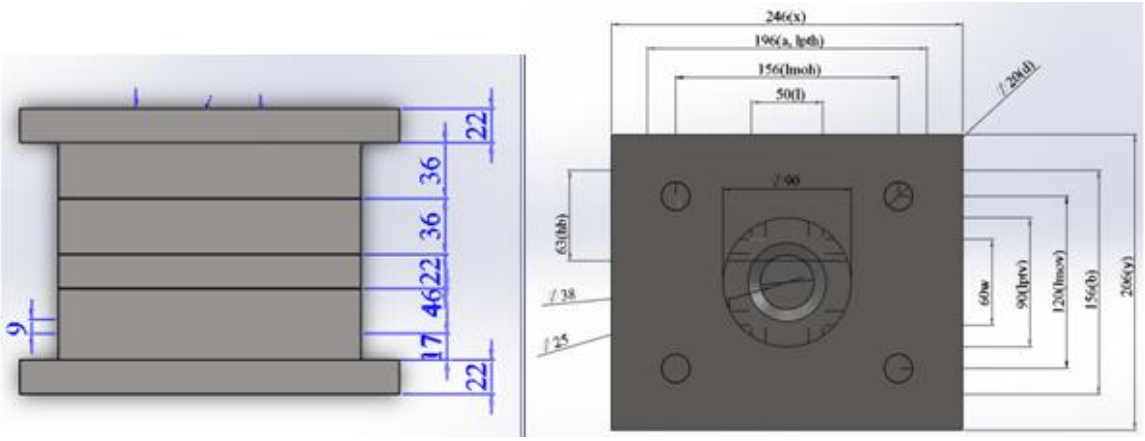


Рис. 5. Построенная форма

Далее, вводится объем отливки. Объем отливки конструктор может определить, используя встроенную в SolidWorks функцию «Массовые характеристики». Предположим, что, исходя из габаритов оформляющих, он равен 30 куб. см. Необходимо ввести это значение в соответствующее поле программы после чего нажать на кнопку «Подобрать ТПА». В результате окно программы примет вид, представленный на рисунке №6. Как видно из рисунка, в окне программы выводится модель и давление впрыска подобранного ТПА.

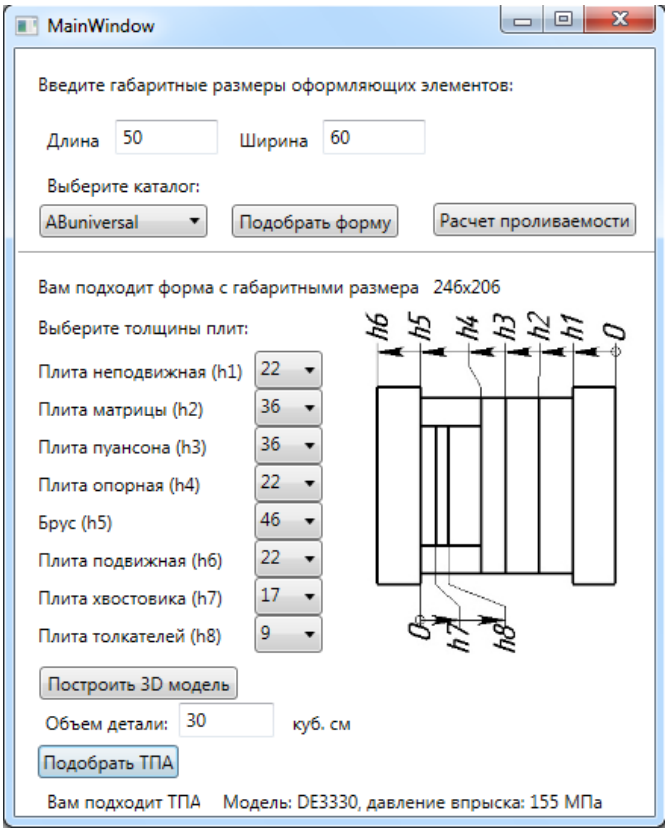


Рис. 6. Окно подбора ТПА

В результате проделанной работы была создана автоматизированная система, обеспечивающая быструю работу конструктора по подбору и анализу литьевых форм. Был спроектирован удобный и понятный интерфейс, позволяющий быстро подобрать необходимую литьевую форму и провести инженерные расчеты.

Список литературы

[1]. Яблочников Е.И., Пирогов А. В., Васильков С. Д., Восоркин А. С. Принципы проектирования литьевых форм для производства. Москва, 2009, 410 с.

[2]. Пирогов А. В. Применение инновационных технологий при проектировании и технологической подготовке производства изделий из полимерных материалов. Международная научно-техническая конференция «Высокие технологии в машиностроении». Курган, 2012. с.122-124.

[3]. Бондарь, А.В. Microsoft SQL Server 2012. Москва, 2013, 609 с.

[4]. Алямовский А. А., Одинцов Е. В., Пономарев Н. Б., Собачкин А. А. SolidWorks . Компьютерное моделирование в инженерной практике. БХВ-Петербург, 2010, 800 с.

Карышев Андрей Анатольевич - канд. техн. наук, доцент кафедры ЭИУ5-КФ «Системы автоматизированного проектирования». E-mail: a_karyshev@mail.ru.

Багиян Давид Эрнестович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: bgndav@gmail.com.

D.E. Bagiyan, A.A. Karyshev

AUTOMATED SYSTEM DESIGN MOLDS

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Kaluga, 248000, Russia

Developed an automated system design molds. Analyzes the problems of designing molds. Describes the composition of the molds. Indicated the advantages of using a casting molds standard parts. Consider algorithms for selection of molds and injection molding. Designed a database for storing information about the parameters of molds. Construct a three-dimensional model of the mold. Calculated poured out through the interface products SolidWorks API. Provides a user interface program. The scheme of user interaction with the application. The results of the automated system. As a result of this work was an automated system that provides quick work of the designer on the selection and analysis of mold. Designed user-friendly interface that allows you to quickly pick up the mold and make the necessary engineering calculations.

Key words: *molds, injection molding, interface, SolidWorks , API , overflow.*

Karyshev Andrey Anatolievich, - Ph. D., assoc. Professor; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: ak9105252055@yandex.ru

Bagiyan David Ernestovich - student; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: ak9105252055@yandex.ru

УДК 004.93'12

О.Н. Хохлова Ю.С. Белов

АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ ОТПЕЧАТКОВ ПАЛЬЦЕВ НА ОСНОВЕ ОСОБЫХ ТОЧЕК – МИНУЦИЙ

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

Рассмотрен алгоритм распознавания отпечатков пальцев на основе особых точек – минуций. Выделены этапы работы дактилоскопической системы. Показан полный и сокращенный варианты процедуры обработки и распознавания отпечатка пальца. При рассмотрении последовательности этапов алгоритма указаны возможные недостатки при использовании различных методов фильтрации, бинаризации, морфологической обработки, скелетизации, векторизации, векторной постобработки изображения. На этапе точечного сравнения алгоритм по определенным критериям пытается найти такое совмещение двух наборов, при котором значительная часть точек нашла бы свою пару в другом наборе. Результатом верификации считается коэффициент совмещения. Основным недостатком сокращенного алгоритма являются достаточно большие погрешности из-за низкого качества исходного изображения, наличия посторонних шумов (грязь на поверхности сканера, мелкие порезы на поверхности пальцев и т.п.), поэтому для лучшего результата может быть выбран более полный алгоритм.

Ключевые слова: *дактилоскопическое изображение, минуции, фильтрация, бинаризация, морфологическая обработка, скелетизация, векторизация.*

Введение. Для задач идентификации большинство дактилоскопических систем используют так называемые особые точки - минуции (точки разветвлений и окончаний) изображения папиллярного узора. При таком подходе можно выделить три основных этапа работы этой системы:

- получение дактилограммы как изображения в градациях серого;
- его обработка с построением шаблона отпечатка пальца (который можно представить как список координат особых точек с их возможными атрибутами: тип точки, направление следование гребня и т.д.);
- сравнение полученного шаблона с теми, которые хранятся в базе зарегистрированных в системе пользователей [1].

Этапы алгоритма. Этап обработки изображения с выделением особенностей рисунка гребней и бороздок является самым важным, так как от

появления ложных особенностей, а также от точности определения их местоположения зависит качество работы этапа сравнения, а также всей системы в целом. Именно поэтому к математическому и программному обеспечению, применяемому на данном этапе, предъявляются высокие требования, как по сложности, так и по эффективности работы [2].

Имея два набора особых точек, алгоритм производит их сравнение и выдаёт оценку “похожести” наборов в интервале [0, 1].

В полном виде алгоритм выглядит следующим образом: 1) Получение входного изображения со сканера; 2) Адаптивная фильтрация, выделение зоны интереса; 3) Бинаризация, выделение однородных областей; 4) Морфологическая обработка; 5) Скелетизация (утоньшение); 6) Векторизация; 7) Векторная постобработка; 8) Выделение особых точек набора; 9) Сравнение наборов.

Получение изображения отпечатка пальца осуществляется с помощью сканера. Начальным рекомендованным разрешением изображения считается 500 dpi. Изображения худшего качества плохо поддаются обработке и на выходе алгоритма не исключено большое количество ошибок.

Адаптивная фильтрация направлена на устранение шумов входного изображения (грязь, пыль на датчике) и на устранение мелких дефектов (затягивание небольших разрывов, пор, сглаживание линий пальца) (рис.1).

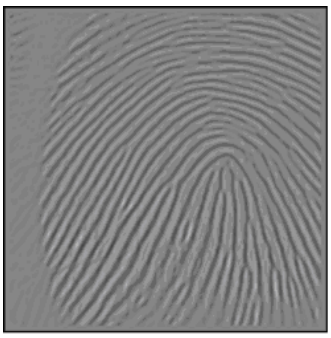


Рис.1 - Адаптивная фильтрация, выделение зоны интереса

Бинаризация изображения используется для преобразования 256 цветного монохромного изображения в черно-белый формат (рис. 2).

Рис. 2 - Бинаризация изображения

На этапе бинаризации каждый пиксель изображения принимает одно из двух значений интенсивности: минимальное или максимальное. Это соответствует абсолютно белому и абсолютно черному цвету. В современной литературе описано около двух десятков способов бинаризации изображения. Каждый из них предназначен для определённых задач. Условно все эти способы можно разделить на [3]: пороговые, адаптивные.

После бинаризации отфильтрованного изображения производится выделение однородных областей и последующая морфологическая обработка изображения. Она включает в себя удаление так называемого шума «соль и перец», т.е. удаление мелких областей белого и черного цветов. Это устраняет такие ложные структуры, как «озера» в толстых линиях и мелкие линии, что отсеивает часть ложных особых точек на этой стадии. Математическая морфология является инструментом для извлечения определенных компонентов изображения, полезных для представления и описания форм объектов, например, их остовов, границ, выпуклых оболочек [4].

Таким образом, морфологическая обработка представляет собой анализ изображений (рис.3). Выходом операций являются описательные атрибуты, которые извлекаются из содержания изображений.

Рис. 3 - Морфологическая обработка изображения

Дальше производится операция скелетизации (рис.4), которая преобразует изображение в скелет отпечатка с толщиной линии в один пиксель.

Рис. 4 - Скелетизация изображения

Основным предназначением любого алгоритма скелетизации является максимальное утоньшение всех линий на бинарном изображении, что приводит к получению скелета, в котором все линии имеют толщину в один пиксель. Такой растровый скелет является весьма удобным для векторизации [5].

Скелетизация изображения, как правило, реализуется за несколько проходов. За один проход снимаются все граничные пиксели. Данный проход повторяется пока на изображении не останутся "не удаляемые" пиксели.

В литературе предлагается множество готовых методов скелетизации - метод Зонга-Суня, метод Ву-Цаи, метод шаблонов и др. Все эти методы опираются на два принципиально отличающихся друг от друга подхода. Первый подход основывается на применении дистанционных карт. Основными недостатками такого подхода являются нарушения топологии исходного объекта и высокая чувствительность к шуму на изображении. Второй подход опирается на идею топологического утончения объекта. Эти алгоритмы, для определения возможности удаления каждого пиксела, принадлежащего объекту на изображении, используют шаблоны локальных окрестностей. Недостатком алгоритмов, основанных на таком подходе, являются большие затраты машинного времени, необходимые на них. Однако такой подход позволять лучше сохранить информацию о структуре исходного объекта.[6]

После процесса скелетизации целесообразно воспользоваться процедурой векторизации (рис.5). Процедура векторизации преобразует скелет изображения в кусочно-линейное представление, отбрасывая чрезмерную информацию о линиях пальца.

Термин «векторизация» подразумевает процесс преобразования растрового вида информации в векторный формат, который воспринимают программы автоматизированного проектирования.

Рис. 5 - Векторизация изображения

Естественно, векторный формат более точно передает графическую информацию и более компактен, чем растровый. Кроме того, любое редактирование растровых файлов крайне затруднительно и требует больших затрат компьютерных ресурсов и времени оператора [7].

В мире до настоящего момента пока не придумали единого алгоритма векторизации растровых изображений. Это объясняется тем, что существует много условий как на входные форматы и виды растровых изображений, используемых в различных областях жизнедеятельности человека, так и на форматы выходных векторных данных.

Точность аппроксимации может регулироваться с помощью параметров алгоритма. Векторизация оставляет особые точки без изменений, выбрасывая лишь промежуточные. После работы алгоритма компактный шаблон отпечатка с полной информацией о пальце может быть сохранен в отдельный файл.

После векторизации изображения проводят векторную постобработку (рис.6). Векторная постобработка направлена на отсеивание ложных структур в кусочно-линейном представлении отпечатка. Некоторые конфигурации линий заведомо не свойственны линиям отпечатка пальцев, и если они все-таки встречаются, то наверняка являются результатом недоработки предыдущих этапов. Существует несколько видов операций, проводимых на этапе векторной постобработки. К ним относятся: удаление «мостов», удаление «палочек», соединение небольших разрывов, удаление «усиков».

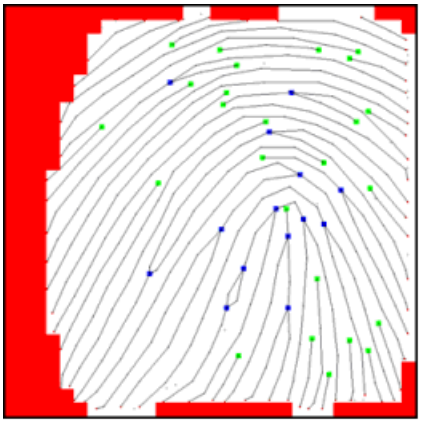


Рис. 6 - Векторная постобработка изображения

На этапе получения особых точек анализируются раздвоения и окончания папиллярных линий полученного отпечатка, и строится так называемая карта минуций.

На этапе точечного сравнения (рис.7) алгоритм по определенным критериям пытается найти такое совмещение двух наборов, при котором значительная часть точек нашла бы свою пару в другом наборе [8]. При совмещении с некоторыми весами учитываются как направления точек, так и их тип. Не все точки совместятся со своими парами в другом наборе – при-

чиной этому служит как несовпадение зон приложения пальца, так и погрешности алгоритмов экстракции особых точек. По отношению совпавших пар к общему количеству точек с учетом абсолютного значения количества точек считается коэффициент совмещения, который и служит результатом верификации [9].

Рис. 7 - Сравнение наборов особых точек

Выводы. Выше был рассмотрен наиболее полный вариант процедуры обработки и распознавания отпечатка. В минимальном варианте достаточно следующих пунктов: 1) Получение изображения; 2) Бинаризация полученного изображения; 3) Скелетизация изображения; 4) Выделение особых точек; 5) Сравнение наборов отпечатков.

Однако этот вариант будет давать достаточно большие погрешности [10,11] из-за низкого качества исходного изображения, наличия посторонних шумов (грязь на поверхности сканера, мелкие порезы на поверхности пальцев и т.п.). Таким образом, для оптимального результата может быть выбран более полный алгоритм: 1) Получение изображения со сканера; 2) Повышение качества изображения с использованием фильтра Габора; 3) Бинаризация полученного изображения; 4) Скелетизация бинаризованного изображения; 5) Выделение особых точек (минуций); 6) Сравнение наборов отпечатков.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Туркин А.В. Методы и алгоритмы обработки изображений в дактилоскопической системе на основе локальных особенностей, *автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук*, 2012.

[2] Fronthaler H., Kollreider K., Bigun J. Local features for enhancement and minutiae extraction in fingerprints, *Image Processing, IEEE Transactions*, 2008, vol.17, pp.354 – 363.

[3] A Novel Thinning Algorithm for Fingerprint Recognition, *International Journal of Engineering Sciences*, vol. 2, 2013, pp. 43-48.

[4] Maltoni D., Maio D., Jain A. K., Prabhakar S. Minutiae-based Methods, *Handbook of fingerprint recognition*, Springer-Verlag London, 2009, pp. 141-144.

[5] Wieclawa L. Minutae-based matching algorithms in fingerprint recognition systems, *Journal of medical informatics & technologies*, vol. 13, 2009, pp. 65-70.

[6] Jain A. K., Patrick F., Arun A. *Handbook of Biometrics*, Springer Science+Business Media, LLC, 1st edition, 2008, pp. 23-42.

[7] Молчанова В.С., Грунский И.С. Решение задачи топологического утончения объектов бинарного растра с использованием специализированных агентов, *Информационные управляющие системы и компьютерный мониторинг*, 2013, с.743-747.

[8] Malathi S.A. Novel Approach for Fingerprint Recognition, International *Journal of Computer Science and Research*, vol. 1 Issue 1, 2010, pp.317-322.

[9] Кухарев Г. Биометрические системы. Методы и средства идентификации личности человека, Политехника, 2001, 240 с.

[10] Sinitsyn I.N., Ushmaev O.S. Development of metrological and biometric technologies and systems, *9th International Conference in Pattern Recognition and Image Analysis: new information technologies*, PRIA-9-2002, September 2008, pp.14-20.

[11] Cao K., Jain A. K. Learning Fingerprint Reconstruction: From Minutiae to Image, Fellow, *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, vol. 10, No. 1, January 2015, pp. 104-117.

Хохлова Ольга Николаевна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: OlkaKhokhlova@yandex.ru.

Белов Юрий Сергеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ybs82@mail.ru.

O.N. Khokhlova, Yu.S. Belov

FINGERPRINT RECOGNITION ALGORITHM BASED ON SINGULAR POINTS – MINUTIAES

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Kaluga, 248000, Russia

The paper provides a detailed overview of the algorithm for fingerprint recognition based on singular points - Minutiaes. Stages of work fingerprint system. See full and abridged versions of procedures for processing and fingerprint recognition. When considering the sequence of steps of the algorithm are the possible disadvantages of using different methods of filtering, binarization, morphological processing, skeletonization, vectorization, vector image postprocessing. At the stage of the point of comparison algorithm according to certain criteria tries to find such a combination of the two sets, in which a significant portion of the points would have found his mate in the other set. The result of verification is considered combining factor. The main drawback of the algorithm is reduced sufficiently large errors due to the poor quality of the original image, the presence of background noise (dirt on the surface of the scanner, small cuts on the surface of the fingers, etc.), so for best results can be selected more complete algorithm.

Keywords: *fingerprint image, minutiaes, filtration, binarization, morphological processing, skeletonization, vectorization.*

REFERENCES

[1] Turkin A.V. Metody i algoritmy obrabotki izobrazhenij v daktiloskopicheskoj sisteme na osnove lokal'nyh osobennostej, *avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata fiziko-matematicheskih nauk*, 2012.

[2] Fronthaler H., Kollreider K., Bigun J. Local features for enhancement and minutiae extraction in fingerprints, *Image Processing, IEEE Transactions*, 2008, vol.17, pp.354 – 363.

[3] A Novel Thinning Algorithm for Fingerprint Recognition, *International Journal of Engineering Sciences*, vol. 2, 2013, pp. 43-48.

[4] Maltoni D., Maio D., Jain A. K., Prabhakar S. Minutiae-based Methods, *Handbook of fingerprint recognition*, Springer-Verlag London, 2009, pp. 141-144.

[5] Wieclawa L. Minutae-based matching algorithms in fingerprint recognition systems, *Journal of medical informatics & technologies*, vol. 13, 2009, pp. 65-70.

[6] Jain A. K., Patrick F., Arun A. *Handbook of Biometrics*, Springer Science+Business Media, LLC, 1st edition, 2008, pp. 23-42.

[7] Molchanova V.S., Grunskij I.S. Reshenie zadachi topologicheskogo utonchenija ob#ektov binarnogo rastra s ispol'zovaniem specializirovannyh agentov, *Informacionnye upravljajushhie sistemy i komp'juternyj monitoring*, 2013, s.743-747.

[8] Malathi S.A. Novel Approach for Fingerprint Recognition, *International Journal of Computer Science and Research*, vol. 1 Issue 1, 2010, pp.317-322.

[9] Kuharev G. Biometricheskie sistemy. Metody i sredstva identifikacii lichnosti cheloveka, Politehnika, 2001, 240 s.

[10] Sinitsyn I.N., Ushmaev O.S. Development of metrological and biometric technologies and systems, *9th International Conference in Pattern Recognition and Image Analysis: new information technologies*, PRIA-9-2002, September 2008, pp.14-20.

[11] Cao K., Jain A. K. Learning Fingerprint Reconstruction: From Minutiae to Image, Fellow, *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, vol. 10, No. 1, January 2015, pp. 104-117.

Khokhlova Olga Nickolaevna - student of the Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University.E-mail: OlkaKhokhlova@yandex.ru.

Belov Yuri Sergeyevich - Ph. D., Assoc. Professor of the Department of software, information technologies and applied mathematics; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: ybs82@mail.ru.

УДК 004.93'12

И.С. Фокин, Ю.С. Белов

АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНЫХ СИМВОЛОВ

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

Рассмотрен алгоритм распознавания рукописных символов. Сформулирована задача перевода рукописного текста в электронную форму. Выделены основные проблемы, возникающие при распознавании символов. Среди них: разнообразие форм начертания символов, искажение изображений символов, вариации размеров и масштаба символов. Представлена последовательность этапов, составляющая основу базового алгоритма и включающая в себя бинаризацию, скелетизацию, векторизацию, удаление «шпор», поиск отдельных букв, распознавание отдельного символа. Предложено использование генетического алгоритма для распознавания рукописных символов с целью снижения трудоемкости процесса подбора параметров наклона, поворота и масштабирования символов. В качестве показателей эффективности в процессе распознавания выступают время и процент распознавания. Для оптимизации системы распознавания предложено комбинирование и последовательное применение различных распознающих алгоритмов.

Ключевые слова: *распознавание рукописных символов, генетический алгоритм.*

Введение. Задача распознавания текстовой информации является одной из наиболее сложных и наукоемких задач автоматического анализа изображений. Чаще всего такая задача ставится при переводе печатного и рукописного текста в электронную форму, что в свою очередь необходимо для автоматизации документооборота и отказа от бумажных технологий. В наиболее важных приложениях оптического распознавания символов (OCR) необходимо обеспечение высокой надежности распознавания (около 99 %) даже при плохом качестве печати и оцифровки исходного текста.

Задача обработки изображений разделяется на широкий класс подзадач, к которым и относят подзадачи распознавания машинописного и рукописного текста. Программные комплексы для распознавания рукописного текста еще недостаточно изучены и требуют более качественного и подробного изучения [1,2].

Проблемы распознавания символов. Сложность решения задачи компьютерного распознавания находится в сильной зависимости от осо-

бенностей графического представления текста. В текстах, полученных типографским способом, буквы располагаются в ровных строках, имеют одинаковое начертание в пределах всего документа и, как правило, имеют достаточно четко различимые промежутки между собой. При решении задачи распознавания эта информация позволяет использовать допущения, снижающие сложность разрабатываемых алгоритмов и методов. Эти особенности присущи, хоть и в меньшей степени, рукопечатным текстам. Здесь в игру вступают вариативность начертания символов, а также всевозможные неточности, как, например, неровность строк, пересечение штрихов букв. Возможно также внесение декоративных элементов в начертание букв [3].

Таким образом, существует ряд определенных проблем, связанных с распознаванием рукописных и печатных символов. Особого внимания требуют следующие: 1) разнообразие форм начертания символов; 2) искажение изображений символов; 3) вариации размеров и масштаба символов.

Каждый отдельный символ может быть написан различными стандартными шрифтами, например (Times, Gothic, Elite, Courier, Orator), а также - множеством нестандартных шрифтов, используемых в различных предметных областях. При этом различные символы могут обладать сходными очертаниями. Например, "U" и "V", "S" и "5", "Z" и "2", "G" и "6".

Искажения цифровых изображений текстовых символов могут быть вызваны: 1) шумами печати, в частности, непропечаткой (разрывами слитных черт символов), "слипанием" соседних символов, пятнами и ложными точками на фоне вблизи символов и т. п.; 2)смещением символов или частей символов относительно их ожидаемого положения в строке; 3) изменением наклона символов; 4) искажением формы символа за счет оцифровки изображения с "грубым" дискретом; 5) эффектами освещения (тени, блики и т. п.) при съемке видеокамерой [4].

Существенным является и влияние исходного масштаба печати. В принятой терминологии масштаб 10, 12 или 17 означает, что в дюйме строки помещаются 10, 12 или 17символов. При этом, например, символы масштаба 10 обычно крупнее и шире символа масштаба 12.

Система OCR, должна выделять на цифровом изображении текстовые области, выделять в них отдельные строки, затем - отдельные символы, распознавать эти символы и при этом быть нечувствительной (устойчивой) по отношению к способу верстки, расстоянию между строками и другим параметрам печати [3,5].

Базовый алгоритм. Основу классического алгоритма распознавания рукописных символов составляют следующие этапы: бинаризация, скелетизация (утончение линий в изображении), векторизация (преобразование изображения в векторную форму), удаление «шпор» (мешающих распознаванию коротких отрезков, часто возникающих на этапе скелетизации), поиск отдельных букв и, наконец, непосредственно распознавание отдель-

ного символа [6]. При этом результаты каждого из этапов являются входными данными для следующего этапа, и количественное улучшение на каждом из них позволяет повысить эффективность распознавания как с точки зрения процента правильно определенных символов, так и производительности.

В результате бинаризации (Рис.1) символы текста отделяются от фонового изображения. Неоднородность фона, связанная с особенностями используемой бумаги, выцветание краски, механические повреждения обрабатываемого листа книги требуют использования адаптивных алгоритмов бинаризации [7].

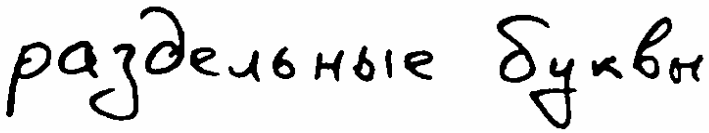


Рис.1. Отсканированное бинаризованное изображение.

Второй этап – скелетизация – позволяет уменьшить объем данных для последующей обработки. Основная группа алгоритмов скелетизации основана на идее итеративного удаления внешних слоев или контурных точек объектов. В результате такого удаления получают скелет изображения. Итеративные алгоритмы используют маску (обычно размером 3x3), которая проходит по всему изображению, чтобы определить новое значение центрального пикселя. Алгоритмы данной группы можно разделить на два класса: параллельные и последовательные [8]. В параллельных алгоритмах окно располагается одновременно во всех пикселях, и при его обработке не используют новые полученные на данной итерации значения пикселей. При последовательных алгоритмах пиксели обрабатываются последовательно.

Следующим шагом алгоритма является - векторизация изображения. Алгоритм векторизации работает следующим образом: 1) Ищется начало какого-нибудь отрезка; точка, у которой есть только один сосед; 2) Координаты каждой точки добавляются в массив, хранящий координаты всех точек в текущей кривой. Для каждой новой точки проверяется, чтобы получившаяся кривая не была слишком выгнутой; 3) Ищется очередная точка кривой.

Иногда в результате скелетизации образуются так называемые «шпоры» - короткие отрезки, которые могут помешать распознаванию. Если их достаточно много, то можно запустить алгоритм удаления «шпор», который сводится к удалению достаточно коротких отрезков, имеющих не более одного отрезка по соседству.

После векторизации и удаления «шпор» необходимо выделить отдельные буквы. Для этого служит алгоритм выделения, суть которого в том, что для каждого вектора рекурсивно ищутся все соседние векторы,

причем два отрезка являются соседними, если, во-первых, какой-либо из концов одного находится недалеко от какого-либо конца другого отрезка или, во-вторых, отрезки пересекаются или почти пересекаются.

Таким образом, помеченные векторы образуют некую систему отрезков, которая в большинстве случаев является символом. После этого данные группы отрезков сохраняются для дальнейшего распознавания в отдельных массивах и удаляются из основной массы отрезков. Результат работы алгоритма показан на рис.2. После того как отдельные символы выделены, можно приступать непосредственно к их распознаванию. Необходимо каким-то образом сравнивать два символа - эталонный и распознаваемый - и выбрать среди эталонных символов тот, который наиболее похож на распознаваемый [9-11].

Рис. 2 Результат работы алгоритма

Применение генетического алгоритма для распознавания рукописных символов. Распознаваемые символы могут иметь различную высоту, ширину, наклон и поворот. Для того чтобы максимально приблизить исходный символ к эталонному необходимо воспользоваться операциями масштабирования, поворота и наклона. Из-за своей трудоемкости процесс подбора параметров наклона, поворота и масштабирования может занять достаточно много времени. Применение генетического алгоритма (ГА) способно ускорить данный процесс.

На первом шаге формируется случайная популяция, каждая особь которой представлена бинарной строкой, заключающей в себе четыре параметра (коэффициенты масштабирования, угол наклона и угол поворота). На каждом последующем шаге ГА происходит, во-первых, так называемый кроссовер, или скрещивание, когда две особи обмениваются своими частями; во-вторых, с малой вероятностью - мутация, когда единичный бит может случайно изменить свое значение; и, в-третьих, отбор на основе функции приспособленности (фитнесс-функции) каждой особи. Количество «потомков» данной особи пропорционально ее фитнесс-функции. В свою очередь фитнесс-функция особи рассчитывается, исходя из «похожести» эталонного символа и исходного с учетом сделанных преобразований. Генетический алгоритм прорабатывает достаточно большое число (порядка тысячи) популяций, в результате чего получает оптимальные параметры для преобразования.

При сравнении двух символов каждому вектору одного ищется соответствующий вектор второго символа, и, если такой вектор находится (т. е. вектор, расположенный примерно в том же месте и направленный пример-

но так же), к «похожести» символов добавляется некоторое значение. В результате работы всего алгоритма выбирается тот эталонный символ, который при преобразованиях больше всего похож на распознаваемый.

При проверке на реальных изображениях алгоритм давал относительно неплохие результаты, однако встречались ошибки при распознавании похожих по написанию букв (например, «И» и «Н») [12,13].

Выводы. На сегодняшний день существует достаточно большое число методов, позволяющих с определенной точностью решать задачу распознавания текста. Создано много OCR-систем, которые отличаются друг от друга по качеству распознавания, существующим ограничениям на пределы применимости тех или иных методов.

Немаловажными показателями эффективности в процессе распознавания выступают время и процент распознавания. Качество распознавания оценивается как вероятность (т.е. частота) ошибки классификации на другом конечном множестве объектов с заранее известными ответами (тестовом множестве).

В зависимости от специфики системы и выбранных критериев качества распознавания отдельных символов возможно комбинирование и последовательное применение распознающих алгоритмов с целью оптимизации системы в целом. Одной из таких оптимизаций можно считать применение генетического алгоритма.

ЛИТЕРАТУРА:

[1]. Сорокин А.И. Автореферат диссертации по информатике, вычислительной технике и управлению на тему: Разработка алгоритмов распознавания рукописных символов на основе аналитических свойств изображения, Воронеж, 2010.

[2]. Pradeep J., Srinivasan E., Himavathi S. Diagonal Feature Extraction Based Handwritten Character System Using Neural Network, Electronics Computer Technology (ICECT), 2011, pp.364-368.

[3]. Зеленцов И.А. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук на тему: Методика распознавания древнерусских скорописных текстов, Москва, 2011.

[4]. Aljarrah I., Al-Khaleel O., Mhaidat K., Alrefai M., Alzu'bi A., Rabab'ah M. Automated system for arabic optical character recognition with lookup dictionary, Journal of Emerging Technologies in Web Intelligence, Vol 4, №4, 2012, pp.362-370.

[5]. Визильтер Ю. В., Желтов С. Ю., Князь В. А., Ходарев А. Н., Моржин А. В. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW IMAQ Vision, Москва, 2008.

[6]. Raju G., Moni B., Nair M. A novel handwritten character recognition system using gradient based features and run length count, Sadhana, Vol.39, Issue 6, 2014, pp.1333-1355.

[7]. Корниенко С., Айдаров Ю., Гагарина Д., Черепанов Ф., Ясницкий Л. Программный комплекс для распознавания рукописных и старопечатных текстов, Информационные ресурсы России, №1, 2011, с.35-37.

[8]. Shanthi N. Duraiswamy K. A novel SVM-based handwritten Tamil character recognition system, Pattern Analysis and Applications, Vol.13, Issue 2, 2010, pp.173-180.

[9]. Kumar M., Jindal M.K., Sharma R.K. MDP feature extraction technique for offline handwritten gurmukhi character recognition, Smart Computing Review, Vol. 3, № 6, 2013, pp.397-403.

[10]. Goyani M., Dani H., Dixit C. Handwritten character recognition – a comprehensive review, International journal of research in computer and communication technology, Vol. 2, № 9, 2013, pp.702-707.

[11]. Batuwita R., Palade V., Dharmapriya C. A customizable system for offline handwritten character recognition, International Journal on Artificial Intelligence Tools, Vol.20, № 3, 2011, pp.425-455.

[12]. Котов О.Ю. Генетический алгоритм распознавания рукописных символов, Сборник работ 59-й научной конференции студентов и аспирантов БГУ, 2002, с. 54-58.

[13]. Pradeepa J., Srinivasana E., Himavathib S. Neural network based recognition system integrating feature extraction and classification for english handwritten, International journal of engineering, Vol. 25,№ 2, 2012, pp. 99-106.

Фокин Иван Сергеевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ivanfokin@inbox.ru.

Белов Юрий Сергеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ybs82@mail.ru.

I.S. Fokin, Yu.S. Belov

HANDWRITING RECOGNITION ALGORITHM

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Kaluga, 248000, Russia

Reviewed an algorithm for handwriting recognition. Formulated the problem of translating handwriting into electronic form. Highlighted the main problems encountered in optical character recognition. Among them: the diversity of the character typefaces, distortion of character image, variation of characters' size and scale. A sequence of steps, which is the basis of the basic algorithm and includes binarization, skeletonization, vectorization, "spurs" removing, the individual character search, individual character recognition is presented. Proposed the use of a genetic algorithm for recognition of handwritten characters in order to reduce the complexity of the process of selection of the slope parameters, rotation, and character scaling. As a performance in the recognition process are the time and the percentage of recognition. To optimize the system of recognition combining and the consistent application of the various recognition algorithms is suggested.

Keywords*: handwriting recognition, genetic algorithm.*

REFERENCES

[1] Sorokin A.I. Avtoreferat dissertacii po informatike, vychislitel'noj tehnike i upravleniju na temu: Razrabotka algoritmov raspoznavanija rukopisnyh simvolov na osnove analiticheskih svojstv izobrazhenija, Voronezh, 2010.

[2] Pradeep J., Srinivasan E., Himavathi S. Diagonal Feature Extraction Based Handwritten Character System Using Neural Network, *Electronics Computer Technology (ICECT)*, 2011, pp.364-368.

[3] Zelencov I.A. Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchjonoj stepeni kandidata tehnicheskih nauk na temu: Metodika raspoznavanija drevnerusskih skoropisnyh tekstov, Moskva, 2011.

[4] Aljarrah I., Al-Khaleel O., Mhaidat K., Alrefai M., Alzu'bi A., Rabab'ah M. Automated system for arabic optical character recognition with lookup dictionary, *Journal of Emerging Technologies in Web Intelligence*, Vol 4, №4, 2012, pp.362-370.

[5] Vizil'ter Ju. V., Zheltov S. Ju., Knjaz' V. A., Hodarev A. N., Morzhin A. V. Obrabotka i analiz cifrovyh izobrazhenij s primerami na LabVIEW IMAQ Vision, Moskva, 2008.

[6] Raju G., Moni B., Nair M. A novel handwritten character recognition system using gradient based features and run length count, *Sadhana*, Vol.39, Issue 6, 2014, pp.1333-1355.

[7] Kornienko C., Ajdarov Ju., Gagarina D., Cherepanov F., Jasnickij L. Programmnyj kompleks dlja raspoznavanija rukopisnyh i staropechatnyh tekstov, Informacionnye resursy Rossii, №1, 2011, s.35-37.

[8] Shanthi N. Duraiswamy K. A novel SVM-based handwritten Tamil character recognition system, *Pattern Analysis and Applications*, Vol.13, Issue 2, 2010, pp.173-180.

[9] Kumar M., Jindal M.K., Sharma R.K. MDP feature extraction technique for offline handwritten gurmukhi character recognition, *Smart Computing Review*, Vol. 3, № 6, 2013, pp.397-403.

[10] Goyani M., Dani H., Dixit C. Handwritten character recognition – a comprehensive review, *International journal of research in computer and communication technology*, Vol. 2, № 9, 2013, pp.702-707.

[11] Batuwita R., Palade V., Dharmapriya C. A customizable system for offline handwritten character recognition, *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, Vol.20, № 3, 2011, pp.425-455.

[12] Kotov O.Ju. Geneticheskij algoritm raspoznavanija rukopisnyh simvolov, Sbornik rabot 59-j nauchnoj konferencii studentov i aspirantov BGU, 2002, s. 54-58.

[13] Pradeepa J., Srinivasana E., Himavathib S. Neural network based recognition system integrating feature extraction and classification for english handwritten, *International journal of engineering*, Vol. 25,№ 2, 2012, pp. 99-106.

Fokin Ivan Sergeevich - student of the Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: ivanfokin@inbox.ru.

Belov Yuri Sergeyevich - Ph. D., Assoc. Professor of the Department of software, information technologies and applied mathematics; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: ybs82@mail.ru.

УДК 004.62

П.В. Фролов, Ю.С. Белов

ВВЕДЕНИЕ В ДАННЫЕ С ПРОПУСКАМИ

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

Рассмотрена проблема данных с пропусками. Даны основные определения и понятия теории данных с пропусками. Выявлена классификация пропущенной информации. Выделены основные базовые структуры данных с пропусками. Рассмотрены такие структуры как: однородная, структура с частичной неполнотой данных, монотонная, общая, структура с преднамеренными пропусками и структура с неявной переменной. Указаны основные особенности этих структур. Дано определение механизмам данных с пропусками. Рассмотрены основные механизма пропущенных данных такие как: данные со случайными пропусками, данные с абсолютно случайными пропусками, данные с неслучайными пропусками. Выделены особенности каждого из механизмов данных с пропусками. Указаны методы обработки данных с пропусками такие как оценка максимального правдоподобия и множественные замены на ряду с другими аналитическими методами.

***Ключевые слова**: данные с пропусками, анализ, методы, обработка, структуры данных с пропусками, механизмы данных с пропусками, исследования, оценка максимального правдоподобия, множественные замены.*

Введение. В социологических, поведенческих и медицинских науках часто встречаются данные с пропусками. Эта проблема является актуальной, т.к. целое множество исследований в этих областях науки основываются на анкетировании. В ходе заполнения анкет респонденты по тем или иным причинам могут не ответить на некоторые поставленные вопросы, что порождает неполноту данных. Помимо этого пропуски информации могут возникать в силу специфики исследования или моделирования тех или иных процессов и явления. Подобные пропуски данных следует учитывать, для того чтобы результаты исследования могли считаться максимально объективными.

Существует целое множество специальных методов для восполнения пропущенных данных путем рассмотрения неполных случаев или же путем условного заполнения недостающих значений. Большинство этих методов требуют наличия достаточно строгих условий, которые определяют

причины пропусков в данных, и им свойственна существенная погрешность.

Проблема пропусков в данных изучалась на протяжении почти сотни лет, но существенный прорыв произошел в 1970-е годы с появлением методов, использовавших оценку максимального правдоподобия и множественные замены [1]. Так же была разработана общая теория структур и механизмов данных с пропусками [2], которая широко используется и в наши дни. С теоретической точки зрения по сравнению с классическими подходами максимальное правдоподобие и множественные оценочные значения являются более точными, так как они требуют меньше условий, которые определяют причины отсутствия данных. С практической точки зрения это означает, что эти методы будут производить оценки параметров с меньшей погрешностью и большей эффективностью.

Целью данной работы является рассмотрение основных понятий и проблем данных с пропусками. Так же необходимо произвести классификацию пропущенной информации, выделить и рассмотреть основные базовые структуры данных с пропусками, дать определение механизмам данных с пропусками и выделить основные механизмы, которые позволят найти оптимальные методы обработки таких данных для получения более объективных результатов исследований.

Структуры данных с пропусками. Основными понятиями в теории данных с пропусками являются структуры и механизмы. Эти определения отличаются друг от друга, но иногда используются взаимозаменяемо. Структура данных с пропусками является структурой наблюдаемых и пропущенных значений в наборе данных, тогда как механизмы данных с пропусками описывают все возможные отношения между значениями переменных и вероятностью пропуска данных. Стоит отметить, что структуры данных с пропусками просто указывают на расположение «пробелов» в данных, но не дают никакого объяснения причинам их возникновения. Механизмы недостающих данных представляют универсальные математические отношения между данными и пропусками в этих данных, хотя они не дают причинного объяснения недостатка информации.

На рис. 1. проиллюстрированы 6 прототипов структур данных с пропусками. На данном рисунке затемненные зоны обозначают расположение пропущенных значений в наборе данных. Одномерная структура, изображенная под буквой A, имеет пропуски только в одной переменной. Данная структура является относительно редкой, однако она может встречаться в экспериментальных исследованиях. Например, предположим, что переменные с Y_1 по Y_3 это те переменные, над которыми осуществляются действия (например, индивидуальные значения признака в модели вариационного анализа), а Y_4 это выходная переменная с неполным набором значений.

Под буквой B изображена структура пропущенных значений, которая называется структурой с частичной неполнотой данных. Эта структура обычно встречается при исследовании общественного мнения, где Y_1 и Y_2 это характеристики, присущие каждому объекту исследования, а Y_3 и Y_4 это те вопросы, на которые испытуемые не смогли ответить. В рамках теории данных с преднамеренными пропусками эта структура встречается, когда исследователь оперирует с двумя значениями, которые не требуют больших затрат на вычисление по отношению ко всей выборке (например, Y_1 и Y_2), и выбирает два значения с большими затратами на вычисление (например, Y_3 и Y_4) из подмножества вариантов.

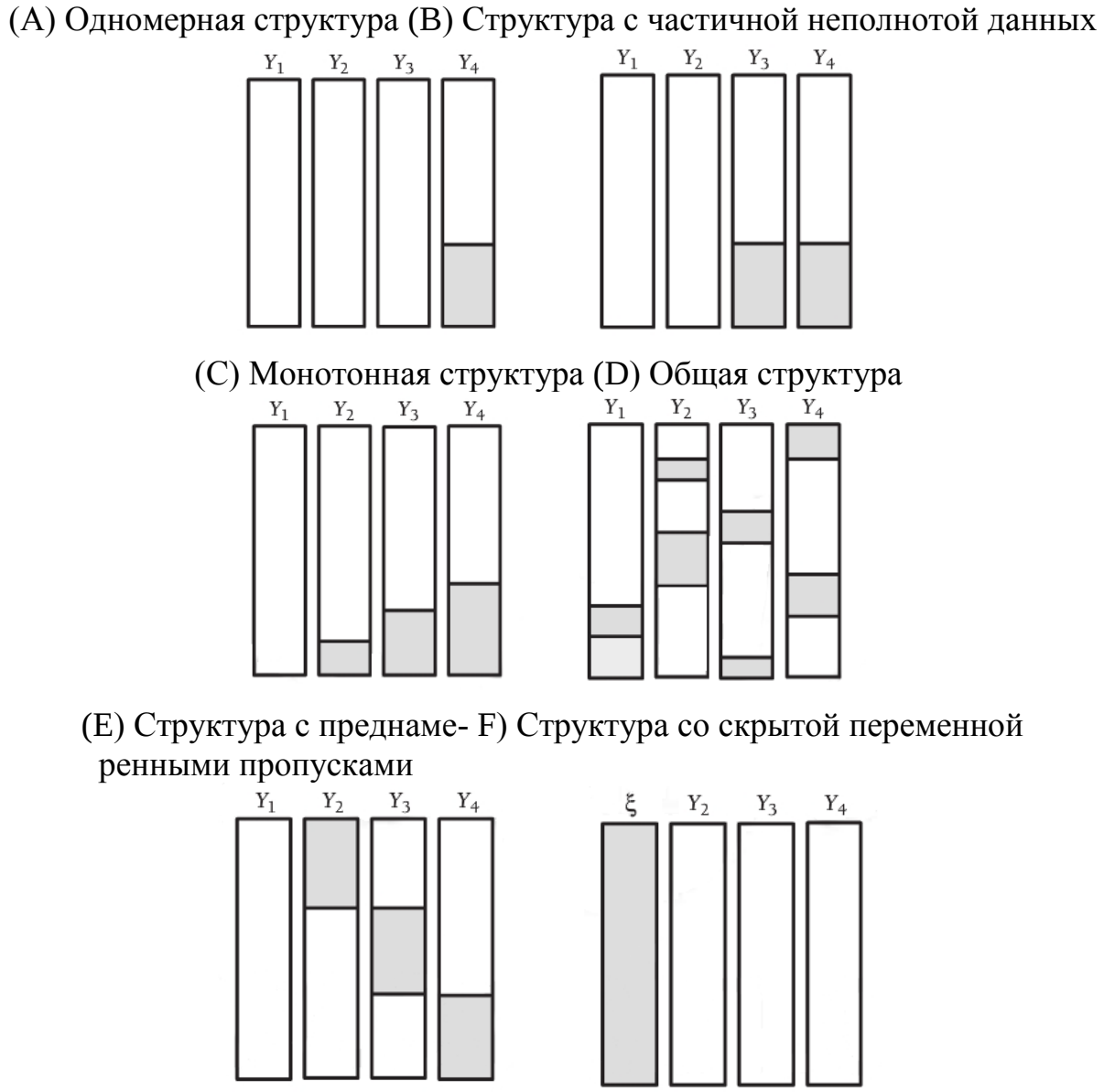


Рис.1. Шесть базовых структур данных с пропусками. Затемненные области это месторасположение пропущенных значений в наборе данных с четырьмя переменными.

Монотонная структура данных с пропусками, изображенная на рисунке под буквой C, обычно ассоциируется с лонгитюдными исследованиями, в ходе которых участники выбывают и больше не принимают участие в эксперименте. Такое явление называется «естественным отбором». Визуально монотонная структура напоминает лестницу, в которой, в случае отсутствия конкретной оценки, отсутствуют и дальнейшие измерения.

Общая структура данных с пропусками является самой распространенной. Как видно из рисунка под буквой D, общая структура включает в себя пропущенные значения, которые рассредоточены по всей матрице данных случайным образом. Эта случайная структура на вид очень обманчива, потому что значения так же могут отсутствовать систематически (например, может существовать зависимость между значениями Y_1 и предрасположенностью к пропускам данных у Y_2).

Структура данных с преднамеренными пропусками , изображенная на рисунке под буквой E, соответствует модели анкетирования трех форм [3]. Основная идея, лежащая в основе данной модели, заключается в том, чтобы распределить и сгруппировать вопросы анкет по различным формам и анализировать это множество форм для каждого испытуемого. Например, модель под буквой E распределяет вопросы анкет по трем формам так, что если форма включает в себя Y_1, то в ней пропущены Y_2, Y_3, Y_4. Структуры данных с преднамеренными пропусками используются при сборе данных с помощью большого числа анкетных вопросов. Так же модель трех форм позволяет уменьшить нагрузку на испытуемых.

Структура данных со скрытой переменной под буквой F является уникальной при анализе латентных переменных, который включает в себя модели структурных уравнений. Эта структура характеризуется тем, что значения скрытых переменных отсутствуют для всей выборки. Например, модель подтверждающего факторного анализа использует скрытый фактор для того, что бы объяснить связи между набором явных переменных индикатора (например, с Y_1 по Y_3), хотя сами по себе оценки фактора полностью отсутствуют.

Для каждой конкретной структуры данных с пропусками имеются аналитические методы обработки. Однако оценка максимального правдоподобия и множественные замены хорошо подходят практически для любой структуры данных с пропусками, поэтому различия между структурами данных с пропусками нивелируются.

В теории данных с пропусками существует 3, так называемых, механизма, которые позволяют описать, каким образом вероятность отсутствия значений связана с данными, если эта связь вообще существует.

Данные со случайными пропусками. Данные являются данными со случайными пропусками (*Missing At Random - MAR*), когда в аналитической модели вероятность пропуска данных в переменной Y связана со значениями другой переменной (или переменных), но не со значениями самой

переменной *Y*. Иначе говоря, не существует зависимости между предрасположенностью к пропускам данных в *Y* и значениями *Y*. Термин «случайные пропуски» может ввести в заблуждение, т.к. он подразумевает, что данные отсутствуют случайным образом, однако, *MAR* на самом деле означает, что существует систематическая связь между значениями одной или более переменных и вероятностью пропусков в данных.

Существует и практическая проблема при использовании механизма *MAR*. Она заключается в том, что нет оснований утверждать, что вероятность пропусков в данных в *Y* является только функцией от значений других переменных. Однако нельзя проверить наличие или отсутствие этих отношений, не зная оценок пропущенных значений. Следовательно, невозможно проверить механизм *MAR* или убедиться в том, что оценки являются оценками *MAR*. Это является важной практической проблемой, связанной с анализом данных с пропусками, так как оценка максимального правдоподобия и множественные замены основываются на механизме *MAR*.

Данные с абсолютно случайными пропусками. Механизм абсолютно случайных пропусков (*Missing Completely At Random - MCAR*) рассматривается как абсолютно случайное отсутствие данных. Формальное определение *MCAR* заключается в том, что вероятность пропусков данных в переменной *Y* не будет зависеть от значений других переменных и от значений самой *Y*. Иными словами, наблюдаемые значения – это простая случайная выборка оценок. Стоит обратить внимание на то, что *MCAR* является более строгим механизмом, накладывающим больше ограничений, чем *MAR*, потому что предполагается, что пропуски в данных абсолютно не связаны с самими данными.

MCAR – это единственный механизм данных с пропусками, которые можно протестировать. Однако возникает вопрос о целесообразности использования и тестирования данного механизма в тех случаях, когда можно использовать механизм данных с пропусками MAR, который накладывает менее строгие ограничения.

Данные с неслучайными пропусками. Данные называются данными с неслучайными пропусками (*Missing Not At Random – MNAR*), если вероятность пропусков в данных в переменной *Y* зависит от значений самой *Y*, даже после учета других переменных. Данная связь может возникать по нескольким причинам. Основной причиной является то, что вероятность пропусков в данных напрямую связана с неполной результирующей переменной.

Так же как и в механизме *MAR*, нельзя утверждать, что оценки являются оценками *MNAR*, не зная значения пропущенных переменных.

Выводы. При работе с данными, в которых есть пропуски, в первую очередь необходимо их правильно классифицировать, т.е. определить, к какой структуре и механизму данных с пропусками они относятся. Пра-

вильная классификация данных позволит выбрать между использованием аналитических методов обработки и максимального правдоподобия и множественных оценочных значений. Правильный выбор метода работы с пропущенными данными позволит производить оценки параметров с меньшей погрешностью и большей эффективностью.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Little, R.J.A., & Rubin, D.B. Statistical analysis is with missing data, 2002, vol. 63, pp. 581-592.

[2]. Graham, J.W, Taylor, B.J., Olchowski, A.E., & Cumsille, P.E., Planned missing data designs in psychological research. Psychological Methods, 2006, pp. 323-343.

[3]. Schafer, J.L., & Graham, J.W., Missing data: Our view of the state of the art. Psychological Methods, 2002, pp. 147-177.

[4]. Enders. C.K., & Bandalos, D.L., The relative performance of full information maximum likelihood estimation for missing data in structural equation models, Structural Equation Modeling: A multidisciplinary Journal, 2001, pp. 430-457.

[5]. Peugh, J.L., & Enders, C.K., Missing data in educational research: A review of reporting practices and suggestions for improvement. Review of Educational Research, 2004, vol. 74, pp. 525-556.

[6]. Wood, A.M., White, I.R., & Tompson, S.G., Are missing outcome data adequately handled? A review of published randomized controlled trials in major medical journals. Clinical Trials, 2004, vol. 1, pp. 368 – 376

[7]. Grzymala-Busse, J.W. and Hu, M., A Comparison of Several Approaches to Missing Attribute Values in Data Mining, 2000, pp. 340-347.

[8]. Troyanskaya, O., Cantor, M., Sherlock, G., Brown, P. Hastie, T., Tibshirani, R., Bostein, D. and Altman, R.B., Missing value estimation methods for dna microarrays. Bioinformatics, 2001, vol. 17(6), pp. 520-525.

[9]. Allison, P.D., Missing Data. Thousand Oaks, CA: Sage, 2002.

[10]. Barnard, L. & Lan, W.Y., Treatment of missing data: Beyond ends and means Journal of Academic Ethics, 2008, vol. 6, pp. 173-176.

[11]. Schafer, J.L. & Graham, J.W., Missing data: Our view of the state of the art. Psychological Methods, 2002, vol. 7 (2), pp. 147-177.

Фролов Павел Валерьевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: frolovpavelfnk@gmail.com.

Белов Юрий Сергеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ybs82@mail.ru.

P.V. Frolov, Yu.S. Belov

INTRODUCTION TO MISSING DATA ANALYSIS

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Kaluga, 248000, Russia

The problem of missing data is considered. The main definitions and concepts of the theory of missing data are given. Classification of the passed information is revealed. The main basic structures of missing data are allocated. Such structures are considered: uniform, structure with partial incompleteness of data, monotonous, the general, structure with deliberate admissions and structure from an implicit variable. The main features of these structures are specified. Definition is given to mechanisms of missing data. The main are considered the mechanism of the passed data such as: the data with casual missingness given with absolutely casual admissions, given with nonrandom admissions. Features of each of mechanisms of missing data are marked out. Data processing methods with admissions such as an assessment of maximum likelihood and multiple replacements on a row with other analytical methods are specified.

Keywords*: missing data, analysis, methods, processing, structures of missing data, mechanisms of missing data, researches, assessment of maximum likelihood, multiple replacements.*

REFERENCES

[1]. Little, R.J.A., & Rubin, D.B. Statistical analysis is with missing data, 2002, vol. 63, pp. 581-592.

[2]. Graham, J.W, Taylor, B.J., Olchowski, A.E., & Cumsille, P.E., Planned missing data designs in psychological research. Psychological Methods, 2006, pp. 323-343.

[3]. Schafer, J.L., & Graham, J.W., Missing data: Our view of the state of the art. Psychological Methods, 2002, pp. 147-177.

[4]. Enders. C.K., & Bandalos, D.L., The relative performance of full information maximum likelihood estimation for missing data in structural equation models, Structural Equation Modeling: A multidisciplinary Journal, 2001, pp. 430-457.

[5]. Peugh, J.L., & Enders, C.K., Missing data in educational research: A review of reporting practices and suggestions for improvement. Review of Educational Research, 2004, vol. 74, pp. 525-556.

[6]. Wood, A.M., White, I.R., & Tompson, S.G., Are missing outcome data adequately handled? A review of published randomized controlled trials in major medical journals. Clinical Trials, 2004, vol. 1, pp. 368 – 376

[7]. Grzymala-Busse, J.W. and Hu, M., A Comparison of Several Approaches to Missing Attribute Values in Data Mining, 2000, pp. 340-347.

[8]. Troyanskaya, O., Cantor, M., Sherlock, G., Brown, P. Hastie, T., Tibshirani, R., Bostein, D. and Altman, R.B., Missing value estimation methods for dna microarrays. Bioinformatics, 2001, vol. 17(6), pp. 520-525.

[9]. Allison, P.D., Missing Data. Thousand Oaks, CA: Sage, 2002.

[10]. Barnard, L. & Lan, W.Y., Treatment of missing data: Beyond ends and means Journal of Academic Ethics, 2008, vol. 6, pp. 173-176.

[11]. Schafer, J.L. & Graham, J.W., Missing data: Our view of the state of the art. Psychological Methods, 2002, vol. 7 (2), pp. 147-177.

Frolov Pavel Vladimirovich student of the Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: frolovpavelfnk@gmail.com.

Belov Yuri Sergeyevich - Ph. D., Assoc. Professor of the Department of software, information technologies and applied mathematics; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: ybs82@mail.ru.

УДК 004.852

А.С. Красильникова, Ю.С. Белов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ В ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ТЕКСТУР

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

В данной статье рассмотрен метод фильтрации изображений текстур, который используется в качестве одного из этапов решения задачи распознавания и классификации текстур. Приведены и проанализированы основные проблемы выбора оптимального набора фильтров для проведения наиболее качественного распознавания текстур на примере базы данных CUReT. Рассмотрены варианты решения данной проблемы посредством создания двух наборов фильтров LM и MR8 соответственно. Основное отличие данных наборов фильтров друг от друга заключается в возможности набора MR8 производить фильтрацию изображений текстур, инвариантных к вращению. Данная возможность позволяет повысить качество классификации, по сравнению с результатами использования набора фильтров LM. В итоге экспериментальные данные доказали эффективность набора фильтров MR8, что отражено в сравнительных результатах классификации. Классификация была проведена для трех выборок текстур для 20, 40 и 61 текстурных классов соответственно.

Ключевые слова: *набор фильтров, отклики фильтров, инвариантный к вращению, текстура, текстон.*

Введение. Анализ текстуры является одним из наиболее важных методов, используемых в анализе изображений, так как границы текстур разграничивают различные объекты, присутствующие во многих естественных изображениях.

Хотя сама по себе классификация текстур может показаться бессмысленной, она может применяться для решения различных задач. В задачах реального мира ее можно использовать для классификации горных пород [1], распознавания пород древесины [2], распознавания лиц [3], классификации тканей [4], сегментации ландшафтов [5] и многого другого.

Сама по себе задача распознавания является довольно сложной и содержит в себе некоторое число этапов, на каждом из которых проводятся необходимые вычисления. Среди таких этапов можно выделить процесс

фильтрации изображений текстур, необходимый для извлечения признаков, определяющих внешний вид текстуры.

В данной статье будут рассмотрены методы фильтрации изображений текстур, которые позволяют качественно проводить дальнейшее распознавание текстур.

Материалы и методы. Подход к классификации текстур по отдельным изображениям основан на извлечении признаков текстуры посредством свертки изображений при помощи набора фильтров, и с последующей классификацией методом ближайшего соседа.

При проектировании и собственно выборе набора фильтров возникает вопрос, какие именно фильтры включить в модель, и здесь необходимо тщательно отобрать такие фильтры, которые можно будет использовать для инвариантных к вращению текстур. С одной стороны, существует возможность выбрать фильтры, которые очень хорошо различают текстуры, т.е. отклики фильтра должны соответственно меняться при переходе от одного класса к другому [6]. С другой стороны, желательно, чтобы фильтры были инвариантны к условиям, при которых текстура была снята, т.е. отклики фильтра должны оставаться одинаковыми, если класс текстуры четко зафиксирован, при этом поверхность, положение камеры, освещение или угол обзора могут меняться. Достигнуть двух этих целей вместе почти невозможно, и условно, набор фильтров может быть либо сформирован как обладающий высокой точностью, но без инвариантности, либо имеющий полную вращательную симметрию и тем самым инвариантный, но без эффективного выделения анизотропных свойств текстуры.

Свойства откликов фильтра. Свертку изображения текстуры при помощи набора фильтров можно рассматривать с двух сторон. Это может быть, как извлечение определенных частот из сигнала изображения, так и определение и сопоставление образца фильтра с изображением. В этом сопоставлении сила отклика фильтра на участок изображения является индикатором сходства этого участка с фильтром. Полагая, что интенсивность обозначает нормализацию, фильтр откликается более сильно на те участки, которые скалярные сами себе, и откликается менее сильно на те участки, которые ортогональны ему (для каждого отклик фильтра равен нулю). Фильтрация идентична взятию скалярного произведения, и, тем самым, свертывание изображения при помощи фильтра эквивалентно проектированию всех участков в изображении на векторное представление фильтра. Таким образом,

$$Image * Filter = F_{1\times N_s} I_{N_s \times N_p} \quad (1)$$

где I – матрица всех накладываемых участков в изображении, и ее размерность равна размеру фильтра N_s на число участков N_p. F – векторное представление фильтра, полученное переформированием рядов и свертки.

Общий вид (1) также показывает, как можно разработать набор фильтров для выбора и повышения качества информации, присутствующей в изображении [6]. Если бы было известно, какие признаки хороши для распознавания, набор фильтров можно было бы спроектировать в соответствии с этими признаками. Исследование предупредительного распознавания текстур[7] говорит, что текстуры можно описать подсчетом частоты встречаемости основных примитивов текстуры (текстонов), таких как полосы, границы, пятна и кольца [8, 9]. Таким образом, можно ожидать, что фильтры, спроектированные для определения таких признаков в различных масштабах и направлениях, будут работать довольно неплохо. Такое сопоставление наборов фильтров часто реализуется с использованием фильтров Габора или Гауссианов и их производных.

В качестве методов, основанных на производной второго порядка, выделяют оператор Лапласиана. Данный оператор обнаруживает границы в местах смены знака производной функции яркости. Но оператор Лапласиана очень чувствителен к шуму. С целью уменьшить влияние шума часто используют Лапласиан в сочетании со сглаживанием, например, по методу Гаусса. Вышеприведенное сочетание называют оператором Лапласиан гауссиана (LaplacianofGaussian — LoG) [10].

Маска оператора Лапласиана гауссиана создается по следующей формуле:

$$LoG(x,y) = -\frac{1}{\pi \cdot \sigma^4}\left(1 - \frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right) \cdot e^{x^2+y^2/2\sigma^2} \quad (2)$$

где: σ – среднеквадратичное отклонение распределения Гаусса.

Маска фильтра имеет вид:

$$LoG(x,y) = \frac{1}{1+a} \cdot \begin{bmatrix} -a & a-1 & -a \\ a-1 & a+5 & a-1 \\ -a & a-1 & -a \end{bmatrix} \quad (3)$$

где: a – параметр в диапазоне [0, 1].

Результаты. Было отобрано 20 текстур из базы текстур CUReT, каждая из которых была представлена 13 изображениями на текстуру, но с разным углом обзора и освещением для получения в дальнейшем более точного результата (рис. 1). Размер каждого изображения составляет 200x200 пикселей, и все они были переведены в палитру оттенков серого, а интенсивность нормирована в нулевое среднее и единичное стандартное отклонение. Такая нормализация дает инвариантность к глобальным (т.е. по всей области) аффинным преобразованиям в интенсивности освещения.

В пределах каждого набора, каждый фильтр переведен в нулевое среднее. Также L_1 нормировано так, что отклики всех фильтров лежат примерно в одном и том же диапазоне. Говоря более подробно, каждый

фильтр F_i делится $||F_i||_1$ таким образом, что фильтр имеет единичную норму L_1. Следует обратить внимание, что деление посредством $||F_i||_1$ также нормализует по масштабу функции Гаусса (и их производные), используемые в наборах фильтров.

Согласно [11] и по закону Вебера, отклик фильтра на позиции каждого пикселя X это контраст, нормированный как

$$F(x) \leftarrow F(x)[\log(1 + L(x)/0{,}03)]/L(x) \quad (4)$$

где $L(x) = ||F(x)||_2$ – это магнитуда вектора отклика фильтра на этот пиксель. Было эмпирически определено, что это приведет к более хорошим результатам классификации.

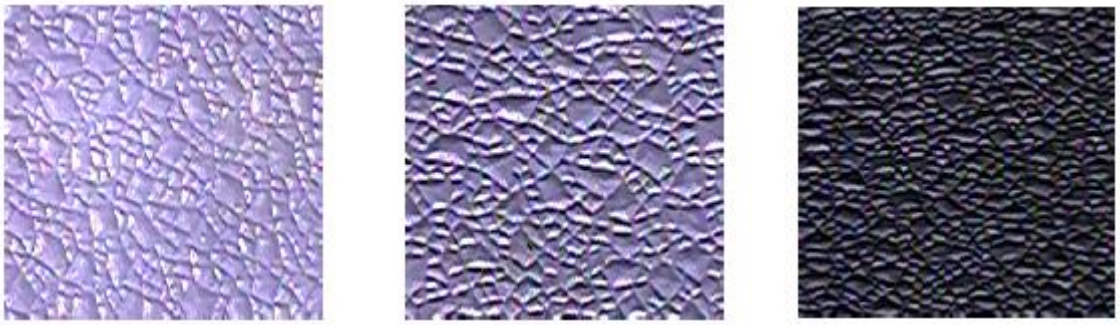


Рис.1. Три разных изображения одной текстуры шероховатого пластика

Далее отобранные изображения текстур были обработаны наборами фильтров для получения некоторого числа откликов этих фильтров. Для сравнения производительности работы описанной модели при различных условиях были рассмотрены два набора фильтров.

В данной работе набор фильтров LM, неинвариантный к вращению изображения текстуры, был сравнен с набором фильтров MR8, который инвариантен к вращению. Оба набора оценивались по качеству классификации текстур, кластеризованных в их пространстве откликов.

Набор фильтров LM (The Leung-Malik) [8] состоит из 48 фильтров с различными масштабами и направлениями (рис. 2):

18 граничных (первая производная Гауссиана) и 18 полосовых фильтров (вторая производная Гауссиана)

в масштабах $(\sigma_x, \sigma_x) = \{(1, 3), (\sqrt{2}, 3\sqrt{2}), (2, 6)\}$

в направлениях $\theta = \{0, 30, 60, 90, 120, 150\}$

8 точечных фильтров Лапласиана гауссиана

в масштабах σ и 3σ

4 точечных фильтра Гаусса

в масштабах $\sigma = \{1, \sqrt{2}, 2, 2\sqrt{2}\}$

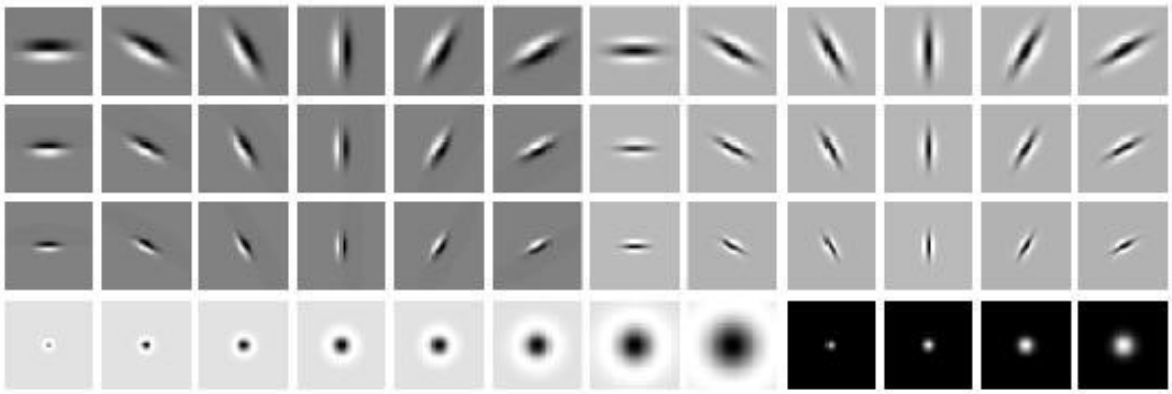


Рис.2. Набор фильтров LM

Набор фильтров MR8 (The Maximum Response Set) с максимальным откликом является усеченной версией обычного Базового набора фильтров BFS (Base Filter Set). Он состоит из 38 фильтров, которые очень схожи с фильтрами из набора LM:

18 граничных и 18 полосовых фильтров

в масштабах $(\sigma_x, \sigma_x) = \{(1, 3), (2, 6), (4, 12)\}$

в направлениях $\theta = \{0, 30, 60, 90, 120, 150\}$

1 фильтра Гаусса

в масштабе $\sigma = 10$

1 Лапласиан гауссиана

в масштабе $\sigma = 10$

Набор MR8 дает максимальный отклик по всем направлениям для двух анизотропных фильтров (рис. 3). Измерение только максимального отклика по всем направлениям сокращает число откликов с 38 (6 направлений в 3 масштабах для 2 направленных фильтров, плюс 2 изотропных) до 8 (3 масштаба для 2 фильтров, плюс 2 изотропных). Таким образом, набор MR8 состоит из 38 фильтров BFS, но дает только 8 откликов.

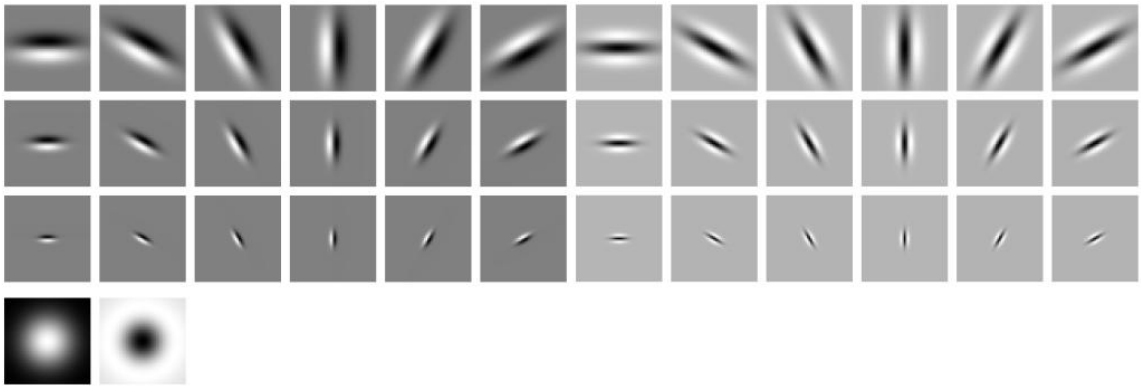


Рис.3. Набор фильтров MR8

В результате фильтрации изображений текстур полученные отклики фильтров были собраны вместе для выполнения кластеризации методом K-

средних. Следует отметить, что значение K в данной кластеризации определяет число кластеров, в которые будут собраны отклики фильтров.

Было отобрано по 13 изображений (с различным освещением и углом обзора) для каждой текстуры. После объединения всех откликов фильтров методом кластеризации K-средних было образовано 10 текстонов. В результате для 20 текстурных классов получились словари текстонов набора LM (рис. 4) и набора MR8 (рис. 5) по 100 текстонов для каждого. Можно заметить, что текстоны набора LM не симметричны относительно вращения, так как этот набор фильтров не инвариантен к вращению.

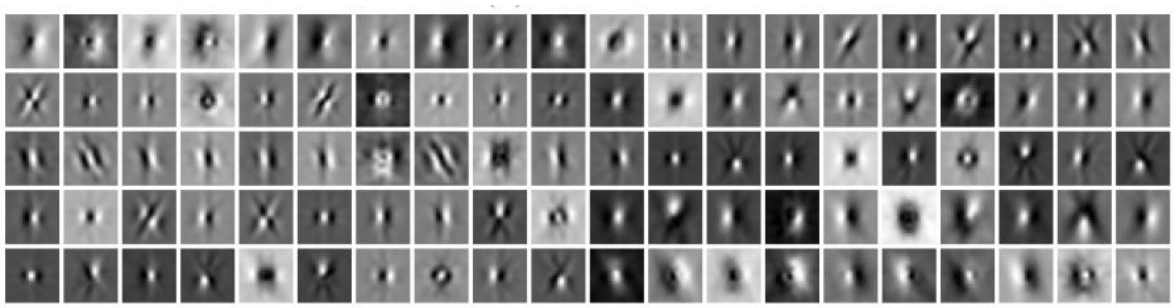


Рис.4. Словарь текстонов набора LM

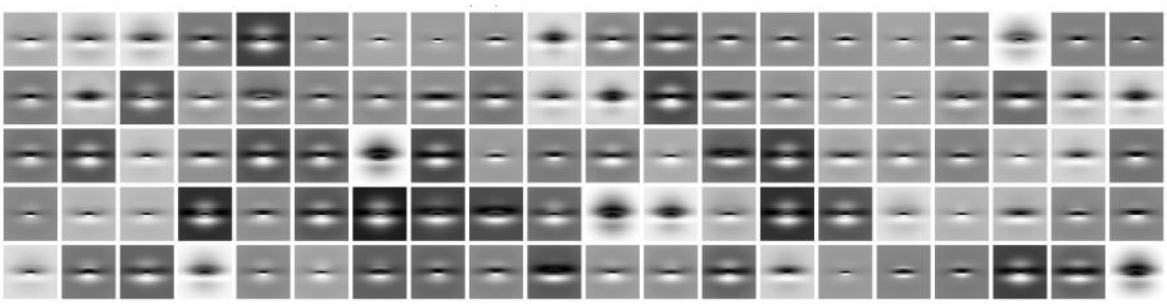


Рис.5. Словарь текстонов набора MR8

Смысл использования набора фильтра MR8 заключается в следующих причинах. Во-первых, с его помощью возможно преодоление ограничений, присущих традиционным инвариантным к вращению фильтрам, которые не сильно реагируют на ориентированные изображения и, следовательно, не обеспечивают хорошие возможности для распознавания анизотропных текстур. Так как набор MR8 содержит как изотропные фильтры, так и анизотропные фильтры в нескольких направлениях, то он должен давать хорошие характеристики для всех типов текстур. Кроме того, в отличие от традиционных фильтров, набор MR8 также может запоминать угол максимального отклика.

Во-вторых, возникает идея о размерности пространства отклика фильтра. Совершенно независимо от дополнительной обработки и вычислительных затрат, высокой размерности, проблемы кластеризации встают очень остро. В общем, сильно растет не только число центров кластеров, необходимых для покрытия пространства, но и количество обучающего

материала, требуемого для точной оценки каждого центра кластера. Это смягчается до некоторой степени тем, что свойства текстуры являются редкими и могут лежать в подпространствах более низкой размерности. Тем не менее, наличие шума и трудности в поиске и проецировании таких подпространств может противостоять этим факторам. Таким образом, можно полагать, что набор фильтров MR8 должен формировать более значимые текстоны не только из-за улучшенной кластеризации в пространстве низкой размерности, но также и потому, что повернутые свойства текстуры правильно отображаются в один и тот же текстон.

Выводы. В итоге было проведено 3 эксперимента, в котором для классификации текстур было использовано по 92 изображения для 20, 40, 61 текстурных классов соответственно.

Каждый эксперимент состоял из трех этапов: создание словаря текстонов, создание образцов и классификация новых изображений. Все 92 изображения текстуры были разделены на 2 отдельных набора. Первый набор использовался для создания словаря текстонов и образцов. В свою очередь точность классификации оценивалась по 46 изображениям из второго набора.

В первом эксперименте было выбрано 20 новых текстур, и 20x46=920 новых изображений было классифицировано. Во втором эксперименте было выбрано 40 текстур, и классифицировано 40x46=1840 новых изображений. И в последнем эксперименте все 61 текстуры из базы данных CUReT были классифицированы общим числом 61x46=2806 изображений. Данные представлены в Таблице 1.

Таблица 1

Сравнение качества классификации при различных фильтрах и различном числе текстур

			Число текстур		
Фильтры	Размерность	Инвариантность	20	40	61
LM	48	–	96,30%	93,75%	93,44%
MR8	8	+	97,83%	96,41%	96,40%

Заключение. Подводя итоги, можно сказать, что использование набора MR8 приводит к одинаковым результатам классификации, как LM, для изображений, которые не являются инвариантными к вращению. Тем не менее, превосходство набора MR8 над LM становилось явно заметно, как только изображение получало другой угол обзора. Стоить отметить, что классифицировать более 2 изображений одной текстуры для LM некорректно, когда представлено 20 текстур, и вполне корректно классифицировать более 9 изображений одной текстуры, когда представлена 61 текстура (но такие различия не слишком значимы статистически). Все это показывает, что описатель инвариантный к вращению не является недостатком,

причем не происходит потеря значительной информации в процессе классификации. Причина, почему неинвариантные фильтры LM хорошо работают, в том, что в базе данных CUReT нет текстур со значительными вращениями плоскости. В этом легко убедиться, если повторить первый эксперимент (где есть 20 текстурных классов), сохраняя все учебные изображения, но поворачивать все тестовые изображения на 90 градусов. В этом случае, производительность наборов LM резко упадет до 33,70%, но производительность MR8 остается прежней. Эти результаты положительны тем, что при увеличении числа текстурных классов точность классификатора снижается незначительно.

Список литературы

[1] Lepisto L., Kunttu L., Autio J., Visa A. Rock image classification using non-homogenous textures and spectral imaging. International Conferences in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision, Winter School of Computer Graphics, 2003.

[2] Tou J.Y., Tay Y.H., Lau P.Y. A comparative study for texture classification techniques on wood species recognition problem. International Conference on Computing, Networking and Communications, 2009, vol.5, pp.8-12.

[3] Yap W.H., Khalid M., Yusof R. Face verification with Gabor representation and support vector machines. First Asia International Conference on Modelling and Simulation, Asia Modelling Symposium, 2007, pp.451-459.

[4] Salem Y.B., Nasri S. Texture classification of woven fabric based on a GLCM method and using multiclass support vector machine. International Multi-Conference on Systems, Signals and Devices, 2009, pp.1-8.

[5] Recio J.A.R., Fernandez L.A.R., Fernandez-Sarria A. Use of Gabor filters for texture classification of digital images. Física de la Tierra, 2005, №17, pp.47-56.

[6] Varma M. Statistical approaches to texture classification. Thesis, 2004, p.61.

[7] Wolfe J., Treisman A., Horowitz T., What shall we do with the preattentive processing stage: Use it or lose it? Third Annual Meeting of the Vision Sciences Society, 2003, pp.1-12.

[8] Leung T., Malik J. Representing and recognizing the visual appearance of materials using three-dimensional textons. International Journal of Computer Vision, 2001, №43, vol.1, pp.29-44.

[9] Malik J., Perona P. Pre-attentive texture discrimination with early vision mechanism. Journal of the Optical Society of America, 1990, №7, vol.5, pp.923-932.

[10] Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение. БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006, 752 с.

[11] Malik J., Belongie S., Leung T., Shi J. Contour and texture analysis for image segmentation. International Journal of Computer Vision, 2001, №43, vol.1, pp.7-27.

Красильникова Анастасия Сергеевна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: bzubzni@gmail.com.

Белов Юрий Сергеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ybs82@mail.ru.

A.S. Krasilnikova, Yu.S. Belov

USING FILTERS IN RECOGNITION OF TEXTURE IMAGES

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Kaluga, 248000, Russia

In this article the method of texture images filtering which is used as one of the steps in texture recognition and classification is discussed. The main issues of the selection the optimal filter bank for implementing the most efficient texture recognition in the CUReT database is analyzed. There are variations offering the solution of this problem in form of LM and MR8 filter banks. The principal difference between these filter banks is that MR8 filter bank can filter rotationally invariant texture images. This option allows to improve the classification rate. As a result the experimental data proves the efficiency of using MR8 filter bank, and the comparative results of the final classification represent it. The classification was conducted for three sets of images with 20, 40 and 61 textures classes respectively.

Keywords: *filter banks, filter responses, rotation invariant, texture, texton.*

Krasilnikova Anastasia Sergeevna - student of the Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: bzubzni@gmail.com.

Belov Yuri Sergeyevich - Ph. D., Assoc. Professor of the Department of software, information technologies and applied mathematics; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: ybs82@mail.ru.

УДК 004.62

П.В. Фролов, Ю.С. Белов

КЛАССИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАБОТЫ С ДАННЫМИ С ПРОПУСКАМИ

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

Затронута проблема данных с пропусками. Рассмотрены классические методы обработки пропущенных данных. Произведен обзор методов удаления. Разобраны методы спискового и парного удаления. Указаны их преимущества и недостатки. Перечислены все возможные проблемы, которые могут возникнуть при использовании данных методов. Приведен пример парных замен на основе формулы выборочной ковариации и формулы, определяющей коэффициент корреляции. Произведен обзор методов замены, указаны их преимущества и недостатки. Рассмотрен метод средних арифметических замен. Выявлена его полная несостоятельность. Разобран метод регрессионных замен. Доказана его состоятельность и применимость в большинстве случаев данных с пропусками. Выявлено, что классические методы обработки данных с пропусками являются не точными и дают большую погрешность, что в свою очередь говорит о целесообразности использования методов оценки максимального правдоподобия и множественных замен.

***Ключевые слова**: данные с пропусками, анализ, методы, обработка, исследования, оценка максимального правдоподобия, множественные замены, одиночные замены, метод удаления, корреляция, корреляционная матрица, ковариационная матрица.*

Введение. В ходе изучения данных с пропусками было разработано целое множество методов решения этой проблемы[1]. В настоящее время многие из этих методов получили широкое распространение, в то время как остальные являются не более чем исторической справкой. Не смотря на достаточно частое применение этих классических методов, они по многим параметрам уступают множественным заменам и оценкам максимального правдоподобия. Поэтому очень важно выявить основные достоинства и недостатки данных методов.

Основной принцип классических методов заключается в том, что данные с пропусками обрабатываются путем исключения случаев с неполными данными или путем заполнения пропущенных значений (т.е. замены). При исследованиях в области психологии и педагогики чаще всего используется метод удаления данных с пропусками. Для исключения случаев с

пропусками необходимо, чтобы данные соответствовали механизму данных с абсолютно случайными пропусками (MCAR – Missing Completely At Random)[2]. Если это условие не выполняется, то данный метод приведет к неточным оценкам параметров. Методы замен кардинально отличаются от методов удаления и являются наименее эффективными и продуктивными. Только метод стохастической регрессии может давать достаточно точные результаты, однако он имеет ряд недостатков, что делает его хуже, чем методы максимального правдоподобия или множественных замен.

Целью данной работы является рассмотрение классических методов обработки данных с пропусками. Необходимо рассмотреть методы, которые основываются на удалении случаев с пропусками, выделить их достоинства и недостатки. Также провести анализ методов замен, указав их сильные и слабые стороны.

Обзор методов удаления данных с пропусками. Списковое и парное удаления считаются самыми распространенными прикладными методами обработки данных с пропусками во многих областях социальных и поведенческих наук.[3] Их основное достоинство заключается в их удобном применении. Тем не менее, у методов удаления есть существенные ограничения, которые исключают их использование в большинстве случаев. Особенно важно отметить, что применение этих методов подразумевает, что данные должны быть данными MCAR (Missing Completely At Random). При не соблюдении этого условия эти методы дают искаженные оценки параметров. Тем не менее, методы удаления являются ресурсозатратными и могут существенно понизить эффективность вычислений. Следовательно, методы удаления стоит применять только тогда, когда объем пропущенных данных достаточно мал.

Списковое удаление. Списковое удаление (так же известное как анализ полных случаев) исключает данные, если имеется хотя бы одно пропущенное значение. Основное достоинство данного метода заключается в его удобстве. Благодаря сокращению анализа до обработки полного набора данных, пропадает необходимость в прикладных методах работы со сложными структурами данных с пропусками. У спискового удаления есть еще одно важное достоинство, которое заключается в том, что этот метод позволяет сгенерировать общий набор данных для всех возможных испытаний.

В большинстве случаев недостатки метода спискового удаления перевешивают его достоинства. Основная проблема данного метода заключается в том, что он требует, чтобы данные были данными MAR (Missing At Random), а при не соблюдении этого условия он может дать неточные оценки параметров.

Помимо погрешности, метод спискового удаления может оказаться очень ресурсозатратным, особенно когда значения пропущены во многих переменных[3]. Удаление записей с пропусками в данных может значи-

тельно уменьшить общий размер выборки, величина которой увеличивается при увеличении объема пропущенных данных или количества переменных. Например, рассмотрим набор данных, состоящий из 10 переменных, у которых 2% из полученных значений пропущены абсолютно случайным образом (MCAR – Missing Completely At Random). Не смотря на то, что объем пропущенных данных в каждой отдельно взятой переменной достаточно мал, метод спискового удаления в среднем исключит примерно 18% записей. При 20 записях - до 67%. Не удивительно, что это уменьшение размера выборки может существенно снизить статистическую эффективность данного метода.

Парное удаление. Метод парного удаления (так же известный как анализ доступных случаев) стремится уменьшить объем потерянных данных путем исключения случаев на основе последовательного анализа[4]. Метод парного удаления не ограничен в корреляциях. Стоит отметить, что метод парного удаления является более эффективным, чем метод спискового удаления. Тем не менее, недостатки этого метода ограничивают сферу его применения.

По аналогии с методом спискового удаления основная проблема парного удаления заключается в том, что он требует, чтобы данные были данными MCAR (механизм с абсолютно случайными пропусками – Missing Completely At Random). Если это условие не соблюдается, то данный метод может выдать неточные оценки параметров. Тем не менее, этому методу характерны свои собственные, недостатки. Например, использование разных подмножеств всех возможных случаев выявляет проблему, которая касается определения связей. Чтобы это проиллюстрировать, рассмотрим следующую формулу выборочной ковариации[5]

$$\hat{\sigma}_{XY} = \frac{\sum (x_i - \hat{\mu}_X)(y_i - \hat{\mu}_Y)}{N-1} \quad (1)$$

Метод парного удаления использует подмножество случаев с полными данными в переменной X и Y, чтобы определить дисперсию. Так же можно определить $\hat{\mu}_x$ в случаях с полными данными в переменной X и $\hat{\mu}_y$ в случаях полноты данных в Y. Подобная проблема возникает при вычислении знаменателя коэффициента корреляции[6].

$$r = \frac{\hat{\sigma}_{XY}}{\sqrt{\hat{\sigma}_X^2 \hat{\sigma}_Y^2}} \quad (2)$$

Однако можно воспользоваться и другим способом, вычисляя $\hat{\sigma}_X^2$ и $\hat{\sigma}_Y^2$ при помощи раздельных подвыборок (например, посчитать $\hat{\sigma}_X^2$, рассматривая случаи с данными, относящимися только к переменной X). Этот метод достаточно проблематичен, так как он может выдать значения корреляций, которые не входят в диапазон от -1 до 1.

Корреляция, значение которой превышает единицу, является еще одним примером более глобальной проблемы данного метода, при которой

элементы корреляционной или ковариационной матрицы взаимно не соответствуют друг другу. Если корреляционная или ковариационная матрицы включают в себя математически невозможные комбинации оценок при условии, что данные были бы полными, то появляются, так называемые, не положительно определенные матрицы (non positive define matrices). Такие матрицы приводят к проблемам оценивания во многомерных анализах, в которых ковариационная матрица используется в качестве входного параметра (например, регрессионные модели или модели структурных уравнений).

Отсутствие подходящей базовой выборки так же приводит к проблемам при определении стандартных ошибок. Например, рассмотрим регрессионный анализ, в ходе которого используется ковариационная матрица, обработанная методом парных удалений, в качестве входного параметра. Размер выборки является ключевой составляющей любой стандартной ошибки, однако ни одно из значений N не применимо ко всей ковариационной матрице. Следовательно, не существует ни одного прямолинейного способа вычисления стандартных ошибок. Чаще всего используется средний размер выборки на каждую переменную для этих вычислений, однако такой подход может привести к недооценке стандартных ошибок для одних переменных и к переоценке их для остальных. Эта проблема с размером выборки так же возникает при использовании метода парного удаления для ковариационной матрицы, чтобы оценить модель структурных уравнений, так как ни одно значение из N не позволяет одновременно максимизировать точность определения стандартных ошибок и проверять пригодность данной модели.

Обзор методов одиночных замен. При использовании методов одиночных замен производят замену (т.е. заполняют) в данных перед началом их анализа. Термин «одиночные замены» получил свое название в связи с тем, что методы, использующие данный подход, генерируют только одно заменяющее значение для каждого пропуска в данных. Этот подход является противоположным методу множественных замен, в ходе которого создается несколько копий набора данных, в каждую из которых подставляются все возможные оценки пропущенных значений.

Методы замен генерируют полный набор данных. Следовательно, удобство – это основное достоинство данного подхода. Методы одиночных замен так же хороши тем, что они задействует те данные, которые при использовании методов с удалением были бы исключены из анализа. Несмотря на эти очевидные достоинства, методы одиночных замен имеют достаточно серьезные недостатки. Большинство этих методов выдают неточные оценки параметров, даже если были созданы идеальные условия, где данные являются данными MCAR (данными с абсолютно случайными пропусками – Missing Completely At Random). Метод замены стохастической регрессией является единственным исключением, так как только он

дает точные оценки параметров с данными MAR (данными со случайными пропусками - Missing At Random). Стоит отметить, что методы одиночных замен снижают вероятность возникновения стандартных ошибок. При анализе набора данных с помощью методов одиночных замен подставленные значения будут восприниматься как реальные данные, поэтому даже самый эффективный метод одиночных замен (например, метод замены стохастической регрессией) даст неточную оценку ошибки выборки.

Средняя арифметическая замена. Метод средней арифметической замены (или еще его называют средней заменой или безусловной средней заменой) основывается на заполнении пропущенных данных путем подстановки на их место средних арифметических значений всех возможных случаев. Как и другие методы замен, этот метод является достаточно удобным, так как в результате его применения получается полный набор данных. Тем не менее, при использовании данного подхода полученные оценки параметров сильно искажаются, даже если данные являются данными MCAR (Missing Completely At Random).

Выбор заменяющих значений из середины распределения снижает вариативность данных. Поэтому метод средних арифметических замен снижает стандартную погрешность и значение дисперсии. Ограничение вариативности данных так же приводит к уменьшению значений ковариаций и корреляций. Чтобы это проиллюстрировать, рассмотрим формулу ковариации (1). В случаях, в которых есть пропуски данных в X или в Y, значение ковариации понижается, так как это дает 0 в числителе формулы. Ковариация является ключевой составляющей в формуле Пиарсона (2), поэтому тоже самое справедливо и для коэффициентов корреляции.

Однако, опытным путем было доказано, что метод средних арифметических замен является самым худшим их всех доступных прикладных методов работы с данными с пропусками.

Регрессионные замены. Метод регрессионной замены (так же известный как условно средняя замена) подразумевает замену пропущенных значений значениями, полученными из регрессионного уравнения. Этот подход подразумевает использование информации, которая хранится в полных переменных, чтобы заполнить пропуски. Переменные склонны к корреляции между собой, поэтому необходимо сгенерировать значения для замены, основываясь на наблюдаемых данных. Фактически, идея получения информации из наблюдаемых данных является общей у метода регрессионных замен с методом максимального правдоподобия и методом множественных замен.

Первый шаг процесса замены заключается в оценке набора регрессионных уравнений, которые определяют значения переменных с пропусками на основе полных переменных. Анализ полных случаев обычно генерирует эти оценки. Второй шаг заключается в генерации предполагаемых

значений для неполных переменных. Эти полученные значения подставляются вместо пропусков.

Данные, получаемые в результате метода регрессионных замен, очень схожи с многомерными наборами данных, однако этот метод трудно применить на практике. Наличие нескольких структур данных с пропусками усложняет процесс подстановки, так как для каждой структуры необходимо свое собственное регрессионное уравнение. Формирование уравнений стоит начинать с оценивания вектора математического ожидания и ковариационной матрицы, так как элементы этой матрицы определяют все необходимые регрессионные коэффициенты. Опять же, при анализе полных случаев обычно генерируются $\hat{\mu}$ и $\hat{\Sigma}$. Путем подстановки наблюдаемых оценок в соответствующее регрессионное уравнение получаются предполагаемые значения для неполных переменных. Затем заполняются этими значениями пропуски и получается полный набор данных.

Метод регрессионных замен превосходит метод средних арифметических подстановок, однако он тоже имеет предсказуемые погрешности.

Выводы. В ходе изучения данных с пропусками были разработаны ряд методов для решения этой проблемы. В данной работе были рассмотрены несколько из наиболее распространенных «классических» прикладных методов работы с данными с пропусками. Классические методы обрабатывают данные с пропусками путем исключения случаев с неполными данными или путем заполнения пропущенных значений. Как правило, ни один из этих методов не подходит для решения широкого круга задач.

Списковое и парное удаления считаются самыми распространенными прикладными методами обработки данных с пропусками во многих областях социальных и поведенческих наук. Для данных методов необходим MCAR механизм данных с пропусками, а с механизмами MAR (Missing Completely At Random) или MNAR (Missing Not At Random) они дают не точные оценки параметров. Исключение неполных случаев может привести к существенному понижению эффективности, даже если данные являются данными MCAR (Missing Completely At Random).

Методы одиночных замен генерируют одно заменяющее значение для каждого пропуска в данных. В результате применения таких методов получаем полный набор данных. Так же появляется возможность работать с данными, которые были бы удалены при использовании методов удаления. К сожалению, многие методы одиночных замен дают неточные оценки параметров, даже если данные являются данными MCAR(Missing Completely At Random). Метод стохастических регрессионных замен является единственным исключением. Этот метод является классическим методом, которые дает точные оценки параметров с MAR (Missing At Random) данными.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Little, R.J.A., & Rubin, D.B. Statistical analysis is with missing data, 2002, vol. 63, pp. 581-592.

[2]. Graham, J.W, Taylor, B.J., Olchowski, A.E., & Cumsille, P.E., Planned missing data designs in psychological research. Psychological Methods, 2006, pp. 323-343.

[3]. Schafer, J.L., & Graham, J.W., Missing data: Our view of the state of the art. Psychological Methods, 2002, pp. 147-177.

[4]. Enders. C.K., & Bandalos, D.L., The relative performance of full information maximum likelihood estimation for missing data in structural equation models, Structural Equation Modeling: A multidisciplinary Journal, 2001, pp. 430-457.

[5]. Peugh, J.L., & Enders, C.K., Missing data in educational research: A review of reporting practices and suggestions for improvement. Review of Educational Research, 2004, vol. 74, pp. 525-556.

[6]. Wood, A.M., White, I.R., & Tompson, S.G., Are missing outcome data adequately handled? A review of published randomized controlled trials in major medical journals. Clinical Trials, 2004, vol. 1, pp. 368 – 376

[7]. Grzymala-Busse, J.W. and Hu, M., A Comparison of Several Approaches to Missing Attribute Values in Data Mining, 2000, pp. 340-347.

[8]. Troyanskaya, O., Cantor, M., Sherlock, G., Brown, P. Hastie, T., Tibshirani, R., Bostein, D. and Altman, R.B., Missing value estimation methods for dna microarrays. Bioinformatics, 2001, vol. 17(6), pp. 520-525.

[9]. Allison, P.D., Missing Data. Thousand Oaks, CA: Sage, 2002.

[10]. Barnard, L. & Lan, W.Y., Treatment of missing data: Beyond ends and means Journal of Academic Ethics, 2008, vol. 6, pp. 173-176.

[11]. Schafer, J.L. & Graham, J.W., Missing data: Our view of the state of the art. Psychological Methods, 2002, vol. 7 (2), pp. 147-177.

Фролов Павел Валерьевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: frolovpavelfnk@gmail.com.

Белов Юрий Сергеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ybs82@mail.ru.

P.V. Frolov, Yu.S. Belov

CLASSICAL METHODS OF DEALING WITH MISSING DATA

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Kaluga, 248000, Russia

The issue of missing data is touched. Classical methods of processing of the passed data are considered. The review of methods of removal is made. Methods of list and pair removal are sorted. Their advantages and shortcomings are specified. All possible problems which can arise when using these methods are listed. The example of pair replacements on the basis of a formula of the selective covariance and a formula defining correlation coefficient is given. The review of methods of replacement is made, their advantages and shortcomings are specified. The method of arithmetic averages of replacements is considered. Its full insolvency is revealed. The method of regression replacements is sorted. Its solvency and applicability in most cases of data with admissions is proved. It is revealed that classical methods of data processing with admissions are not exact and give a big error that in turn speaks about expediency of use of methods of an assessment of maximum likelihood and multiple replacements.

***Keywords**: missing data, analysis, methods, processing, researches, assessment of maximum likelihood, multiple replacements, single replacements, removal method, correlation, correlation matrix, kovariatsionny matrix.*

REFERENCES

[1]. Little, R.J.A., & Rubin, D.B. Statistical analysis is with missing data, 2002, vol. 63, pp. 581-592.

[2]. Graham, J.W, Taylor, B.J., Olchowski, A.E., & Cumsille, P.E., Planned missing data designs in psychological research. Psychological Methods, 2006, pp. 323-343.

[3]. Schafer, J.L., & Graham, J.W., Missing data: Our view of the state of the art. Psychological Methods, 2002, pp. 147-177.

[4]. Enders. C.K., & Bandalos, D.L., The relative performance of full information maximum likelihood estimation for missing data in structural equation models, Structural Equation Modeling: A multidisciplinary Journal, 2001, pp. 430-457.

[5]. Peugh, J.L., & Enders, C.K., Missing data in educational research: A review of reporting practices and suggestions for improvement. Review of Educational Research, 2004, vol. 74, pp. 525-556.

[6]. Wood, A.M., White, I.R., & Tompson, S.G., Are missing outcome data adequately handled? A review of published randomized controlled trials in major medical journals. Clinical Trials, 2004, vol. 1, pp. 368 – 376

[7]. Grzymala-Busse, J.W. and Hu, M., A Comparison of Several Approaches to Missing Attribute Values in Data Mining, 2000, pp. 340-347.

[8]. Troyanskaya, O., Cantor, M., Sherlock, G., Brown, P. Hastie, T., Tibshirani, R., Bostein, D. and Altman, R.B., Missing value estimation methods for dna microarrays. Bioinformatics, 2001, vol. 17(6), pp. 520-525.

[9]. Allison, P.D., Missing Data. Thousand Oaks, CA: Sage, 2002.

[10]. Barnard, L. & Lan, W.Y., Treatment of missing data: Beyond ends and means Journal of Academic Ethics, 2008, vol. 6, pp. 173-176.

[11]. Schafer, J.L. & Graham, J.W., Missing data: Our view of the state of the art. Psychological Methods, 2002, vol. 7 (2), pp. 147-177.

Frolov Pavel Valerievich - student of the Kaluga branch of Bauman Moscow State Technical University.E-mail: frolovpavelfnk@gmail.com.

Belov Yuri Sergeyevich - Ph. D., Assoc. Professor of the Department of software, information technologies and applied mathematics; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: ybs82@mail.ru.

В.Е. Вершинин, Р.Б. Бобров

КРИПТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

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

В данной статье рассмотрены актуальные проблемы, связанные с криптографическими методами защиты данных, основанных на использовании механизмов искусственных нейронных сетей. Проанализированы характерные особенности, а так же различные подходы в реализации криптографических задач с использованием ИНС. Проведен детальный обзор ИНС, применяемых в качестве методов защиты данных. Выявлены и обоснованы преимущества и недостатки рассмотренных подходов решения криптографических задач. На основе проведенного исследования выделены наиболее подходящие, с точки зрения безопасности и производительности, методы.Рассмотренные криптографические методы, реализованные с использованием искусственных нейронных сетей, способны с необходимой эффективностью решать задачи классической криптографии, такие как обеспечение конфиденциальности, целостности, невозможности отказа от авторства и т.п. Так же ИНС могут с успехом применяться для реализации алгоритмов обмена ключами, что само по себе является одной из важнейших задач. Теоретические исследования показывают ряд преимуществ, связанных, прежде всего, с усложнением криптоанализа подобных систем. Результаты моделирования согласуются с теоретическим исследованиями, показывая более высокую производительность рассматриваемых механизмов по сравнению с классическими подходами.

Ключевые слова: *Криптография, нейрокриптография, искусственная нейронная сеть, конечный автомат.*

Введение. Появление глобальных компьютерных сетей сделало простым получение доступа к информации как для отдельных пользователей, так и для больших организаций. Но легкость и скорость доступа к данным также сделали значительными угрозы безопасности. Криптографические методы защиты данных, как в виде самостоятельных решений, так и в составе комплексных мер, обеспечивают достаточный уровень безопасности данных. Однако, с ростом мощностей вычислительных систем, надежность классических методов шифрования может оказаться под вопросом. Так, современные вычислительные системы способны не только в полной мере автоматизировать механизмы криптоанализа, но и значительно снизить временные затраты необходимые для его проведения. В связи с возникающими проблемами приходится разра-

батывать новые подходы к решению криптографических задач. Одним из наиболее перспективных методов является применение алгоритмов шифрования реализованных с использованием искусственных нейронных сетей

Рекуррентные нейронные сети (РНС). Это сети, нейроны которых посылают сигналы друг другу образуя обратную связь, такие как сеть Хопфилда, Эльмана, Джордана. Под обратной связью подразумевается связь от логически более удалённого элемента к менее удаленному. В таких сетях присутствует аналог циклического анализа, а сточки зрения систем, сеть может быть рассмотрена как конечный автомат. Это позволяет моделировать динамическое поведение, однако серьезным недостатком является большое потребление памяти по сравнению с линейными структурами.

Обобщенно-регрессионные нейронные сети (GRNN). Разновидность сетей, для решения задачи регрессии с использованием ядерной аппроксимации. GRNN-сеть [1] имеет два скрытых слоя: слой радиальных элементов и слой элементов, которые формируют взвешенную сумму для соответствующего элемента выходного слоя. В выходном слое определяется взвешенное среднее путем деления взвешенной суммы на сумму весов.

Окончательная выходная оценка сети получается как взвешенное среднее выходов по всем обучающим наблюдениям, где величины весов отражают расстояние от этих наблюдений до той точки, в которой производится оценивание (и, таким образом, более близкие точки вносят больший вклад в оценку). Показано, что, даже с редкими данными в многомерном пространстве измерений, алгоритм обеспечивает плавные переходы от одного наблюдаемого значения к другому.

Алгоритмическая форма может быть использована для любой регрессионной задачи, в которой предположение о линейности не является оправданным.

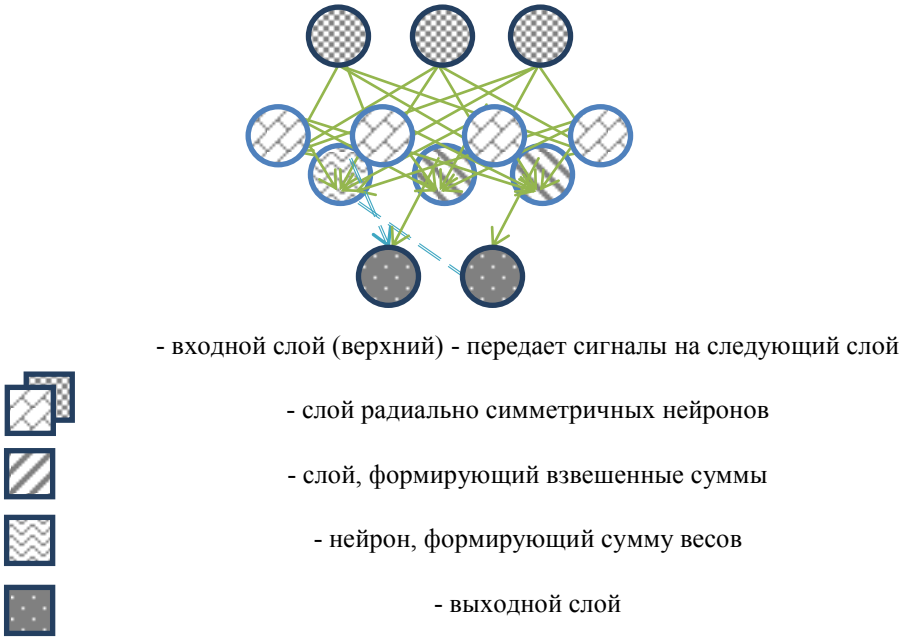


Рис.1. Обобщенно-регрессионная сеть.

Хаотические нейронные сети. Одним из основных недостатков нейронных сетей является забывание результатов обучения при изменении обучающей выборки. Сеть генерирует подсети, используя группы нейронов, которые производят синхронные колебания в течение периода обучения. Такая группа нейронов называется кластером. Динамика кластера сети моделируется отображением, являющимся примером модели, которая описывает временное взаимодействие взаимосвязанных решеток [2]. Поведение каждой *i*-той решетки в момент *t* выражено в виде:

$$x_{t+1}^{i} = (1-\varepsilon)\, f\left(x_t^i\right) + \frac{\varepsilon}{2}\left(f\left(x_t^{i+1}\right) + f\left(x_t^{i-1}\right)\right) \quad (1)$$

Поведение определяется в зависимости от силы хаоса и корреляционной силы каждой ячейки. Ячейка выбывает из кластера, когда сила хаоса высока. С другой стороны, когда корреляционная сила среди ячеек усиливается, каждая ячейка имеет тенденцию оставаться в кластере. Если сила хаоса каждой ячейки постоянна, поведение кластера определяется в зависимости от значения начального состояния и корреляционного коэффициента каждой ячейки.

Если корреляционные коэффициенты среди ячеек высоки, взаимные корреляции увеличатся. В результате кластер будет поддержан. Корреляции среди ячеек уменьшатся, когда корреляционные коэффициенты малы. Тогда различия выходов от ячеек растут и ячейка выпадает из кластера.

Многослойные нейронные сети (MLP). MLP-сети состоят из нескольких слоев вычислительных блоков, соединенных между собой прямыми связями. Для обучения MLP-сети возможно использовать различные методы обучения, наиболее популярным является метод обратного распространения ошибки, где выходные значения сравниваются с правильным ответом, чтобы вычислить значение некоторой предопределенной функции ошибки. Затем ошибки подаются обратно через сеть. Используя эту информацию, алгоритм настраивает веса каждой связи для того, чтобы уменьшить значение функции ошибки до некоторого минимального предела.

Нейрокриптография. Это область криптографии, предназначенная для анализа применения стохастических алгоритмов, особенно нейросетевых алгоритмов, для использования в шифровании и криптоанализе. Нейронные сети, хорошо известны благодаря их способности селективно исследовать пространство решений данной проблемы. Эта особенность находит естественную нишу применения в области криптоанализа.

Криптография с использованием ИНС на основе последовательной машины. Последовательная машина использует сеть Джордана [3], в качестве механизма обучения применяется метод обратного распространения ошибки. При использовании последовательной машины для шифрования и дешифрования, диаграмма состояний преобразуется в таблицу состояний. На основе таблицы состояний генерируется обучающий набор

данных. Входной набор включает в себя все возможные входы, в то время как выход состоит из зашифрованных/расшифрованных данных и переводит автомат в следующее состояние. Основной причиной использования последовательной машины для реализации решений криптографических задач является то, что входные и выходные данные могут иметь любой тип отношений, а результат зависит от исходного состояния. Начальное состояние используется в качестве ключа для шифрования и дешифрования. Если начальное состояние неизвестно, то восстановить исходный набор данных невозможно, даже если таблицы или рабочая последовательность состояний известны.

Последовательная машина имеет n состояний и вход бит на входе m. Состояние выхода может быть любым в зависимости от пользователя. Зашифрованные данные будут зависеть от текущего состояния машины. Таким образом, начальное состояние вместе с входом будет генерировать выход, а затем состояние будет меняться в зависимости от состояния таблицы. В случае двух состояний, если это неизвестно, будет ли состояние "0" или "1", то данные не могут быть расшифрованы, и, следовательно, исходное состояние действует как ключ.

Криптография на основе хаотических нейронных сетей. Модель ИНС генерирует хаотическую динамику путем численного решения цепи Чуа. Результаты моделирования показывают зависимость между количеством нейронов в скрытом слое и хаотической динамикой сети. В результате работы сети происходит генерация ключа для шифрования и дешифрования данных. В предлагаемой модели нейронной сети отсутствует проблема синхронизации. Множество вариаций хаотической динамики можно рассматривать, как преимущество ИНС, в основу которых положен хаотический генератор. Результаты моделирования показывают, что эта модель, достаточно эффективна и безопасна, может использоваться в системах реального времени [4].

Использование ИНС для реализации механизмов обмена ключами. Задачи обмена секретными ключами через незащищенный канал могут быть решены с помощью алгоритмов синхронизации нейронных сетей. В основе подобной модели лежит многослойная прямолинейная нейронная сеть, которая имеет два дерева четности, синхронизация осуществляется путем совместной настройки весовых коэффициентов сетей случайным начальным значением, выступающим в качестве общего секретного ключа для процесса шифрования и дешифрования. Весовые коэффициенты могут быть обновлены в соответствии с правилом обучения, только если выходные значения двух сетей равны. В течение процесса синхронизации, только входные и выходные векторы передаются по публичному каналу. Экспериментальные результаты показывают, что модель может быть эффективной и обеспечивать необходимый уровень безопасности за счет увеличения размера общего ключа [5].

Криптография на основе GRNN-сетей. На сегодняшний день получили распространение криптографические модели на основе обобщенорегрессионной нейронной сети (GRNN). Предлагаемые GRNN-сети имеют три слоя, каждый слой состоит из нескольких нейронов в зависимости от типа процесса. В процессе шифрования входное сообщение делится на последовательность 3-битовых наборов данных, на выходе производится 8-бит после процесса шифрования.

Каждый слой передает данные следующему, входной слой состоит из 3 узлов, которые представляют собой *n*-битные блоки, шаблонный слой, состоящий из 8 узлов, и выходной слой, так же имеющий 8 узлов, которые используются для идентификации расшифрованного выходного сообщения. Результаты моделирования показали достаточно высокий результат по производительности, чем традиционные методы шифрования, однако тестирование криптостойкости должным образом не проводилось [6].

Заключение. Рассмотренные криптографические методы, реализованные с использованием искусственных нейронных сетей, способны с необходимой эффективностью решать задачи классической криптографии, такие как обеспечение конфиденциальности, целостности, невозможности отказа от авторства и т.п. Так же ИНС могут с успехом применяться для реализации алгоритмов обмена ключами, что само по себе является одной из важнейших задач. Теоретические исследования показывают ряд преимуществ, связанных, прежде всего, с усложнением криптоанализа подобных систем. Результаты моделирования согласуются с теоретическим исследованиями, показывая более высокую производительность рассматриваемых механизмов по сравнению с классическими подходами.

Список литературы

[1] Donald F. Specht, The general regression neural network - Rediscovered. *Neural Networks*, 1993, vol. 6(7), pp 1033-1034.

[2] K.Kaneko, — Chaotic but regular posi-nega switch among coded attractors by cluster size variation. *Phys. Rev. Lett.*, 2009, vol. 63,pp 219.

[3] Jordan, M.I. Serial order: A parallel distributed processing approach. Institute for Cognitive Science Report 8604. — University of California, San Diego, 1986.

[4] Ilker Dalkiran, Kenan Danis, Artificial neural network based chaotic generator for cryptology, *Turk J Elec Eng& Comp Sci*, 2010, Vol.18, No.2, pp240-255.

[5] Ajit Singh, Aartinandal, — Neural Cryptography for Secret Key Exchange and Encryption with AES, *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 2013, Vol. 3, Issue.5, pp 376-381.

[6] Khaled M. G. Noaman, Hamid Abdullah Jalab, — Data security based on neural networks, *Task Quarterly 9*, 2005, No. 4,pp 409–414. 2005

Вершинин Владислав Евгеньевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: goliathonline@mail.ru.

Бобров Роман Борисович - ассистент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: roman.bobrov@gmail.com.

V.E. Vershinin, R.B. Bobrov

THE CRYPTOGRAPHIC METHODS OF SECURING INFORMATION, BASED ON USING THE MECHANISMS OF ARTIFICIAL NEURON NETWORKS

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Kaluga, 248000, Russia

This article considers burning problems related to the cryptographic methods of securing information, based on using the mechanisms of artificial neuron networks (ANN). It also analyzes the characteristic features and various ways of realizing cryptographic tasks, with ANN being used. Next, it offers a detailed review of artificial neuron networks, used as methods of securing information. What is more, it reveals and proves the advantages and shortcomings of the considered approaches to solving cryptographic problems. Finally, the article selects the approaches which are the most suitable in terms of security and efficiency on the basis of the conducted research.

Keywords: *Cryptography, neural cryptography, artificial neuron networks, finite-state machine.*

Vershinin Vladislav Evgenievich - student; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: goliathonline@mail.ru.

Bobrov Roman Borisovich - assistant lecturer; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: roman.bobrov@gmail.com.

УДК 004.932

Ю.С. Белов, И.О. Сакович

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ИЗОБРАЖЕНИЯ

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

Статья посвящена проблеме выбора геометрических преобразований наблюдаемых изображений в системах с подвижным датчиком. Отмечено, что при неподвижном датчике возможна непосредственная межкадровая обработка изображений с целью формирования характеристик фона и выделения объектов в движении. Показано, что выбор того или иного алгоритма поиска параметров геометрических преобразований изображения зависит от вида преобразования. Рассмотрены алгоритмы оценки параметров геометрических преобразований в системах анализа изображений с движущимся датчиком. Исследованы различные виды геометрических преобразований: смещение изображение, изменение масштаба, поворот изображение, Евклидово преобразование, аффинное и проективное преобразование. Уточняется, что рассмотренные преобразования имеют место при ограниченном диапазоне условий наблюдения, при наблюдении плоской поверхности. Исследованы алгоритмы выделения объектов, учитывающие присутствие геометрических преобразований изображения, вызванных движением датчика изображений.

Ключевые слова: *геометрические преобразования, датчик движения, смещение изображения, изменение масштаба изображения, евклидовы преобразования, афинное преобразование, проективное преобразование*

Введение. Использование алгоритмов временной обработки для обнаружения и выделения объектов требует знания соответствия между точками кадров, полученных от датчика в различные моменты времени. Точки различных кадров, которые являются образами одной и той же точки наблюдаемой области пространства, называются соответствующими [1].

Когда датчик неподвижен, возможна непосредственная межкадровая обработка изображений с целью формирования характеристик фона и выделения объектов в движении.

Если датчик движется, то временной фильтрацией уже пользоваться нельзя. В таких случаях используются пространственные методы выделения.

Поиск соответствия между точками различных кадров мог бы устранить препятствие на пути использования временных методов обнаружения и выделения в условиях движущегося датчика изображений. Выбор того или иного алгоритма поиска параметров геометрических преобразований изображения зависит от вида преобразования [2].

Пусть изображения заданы как функции на непрерывном множестве

$$D=\{(x,y):0\le x\le W,0\le y\le H\},$$

где x,y - координаты точки, W, H - размеры области определения. В присутствии геометрических преобразований соответствие между точками кадров с номерами k и l $(k\ne l)$ можно задать в виде:

$$\left(x^{(l)},y^{(l)}\right)=S_{kl}\left(x^{(k)},y^{(k)}\right),\ (1)$$

где S_{kl} - обратимая функция соответствия, отображающая точки кадра k в точки кадра l; $\left(x^{(l)},y^{(l)}\right)$, $\left(x^{(k)},y^{(k)}\right)$ - координаты соответствующих точек на кадрах k и l соответственно. Выполняются условия:

$$\left(x^{(k)},y^{(k)}\right)\in D_{kl}\subseteq \mathrm{D},\ (2)$$

$$\left(x^{(l)},y^{(l)}\right)\in D_{lk}\subseteq \mathrm{D},\ (3)$$

где D_{kl} - множество точек кадра k, для которых определено отображение S_{kl}; D_{lk} - множество точек кадра l, для которых существуют прообразы на кадре k. Для отображения S_{kl} справедливо следующее:

$$S_{kl}=S_{lk}^{-1},\ (4)$$

где S_{lk}^{-1} - отображение, обратное к S_{kl}. Отношение (2) означает, что на кадре l могут отсутствовать некоторые точки, присутствующие на кадре k. Отношение (3) означает, что кадр l может включать в себя точки, отсутствующие на кадре k [3]. В частности, два различных кадра могут вообще не содержать ни одной общей точки, при полном изменении области обзора. Если датчик не перемещается, а в наблюдаемой сцене отсутствует движение, то отображение S_{kl} тождественно и $D_{kl}=D,D_{lk}+D$.

Различные виды датчика вызывают и различные виды преобразований изображений, которые определяются заданием функции S_{kl} и множеств

D_{kl}, D_{lk}. Полный обзор этих преобразований приведен в [4]. Рассмотрим некоторые из них. В дальнейшем для упрощения записи векторную функцию векторного аргумента S_{kl} будем обозначать просто как (S).

Смещение изображения. Смещения изображений являются простейшим видом преобразований и описываются выражениями

$$S(x,y)=(x-\alpha, y-\beta), \quad (5)$$

где α, β - параметры смещения по горизонтали и вертикали. Смещения обычно возникают при изменении направления оптической оси датчика. При этом необходимо, чтобы угловая ширина области обзора датчика была небольшой, иначе будут возникать более сложные преобразования. Другой источник сдвигов – движение датчика в плоскости, параллельной плоскости наблюдаемой сцены, при неизменном направлении оптической оси. Если сцена не плоская, то требуется, чтобы ее глубина была намного меньше расстояния до нее [5].

Изменение масштаба. Изменения масштаба в простейшем случае описываются преобразованием

$$S(x,y)=(\lambda x, \lambda y), \quad (6)$$

где λ - коэффициент изменения масштаба. Если коэффициенты изменения масштаба различны, возникают преобразования

$$S(x,y)=(\lambda x, \mu y), \quad (7)$$

где λ, μ - параметры изменения масштаба. В ряде случаев один из параметров λ или μ равен 1. Если λ=1, то преобразование являются тождественным на оси Ox, а точка (x,y) при $y \neq 0$ смещается параллельно оси Oy на величину, пропорциональную координате y. Такие преобразования называют преобразованиями масштаба относительно оси Ox. Аналогично, если μ=1, получаем преобразования масштаба относительно оси Oy. Если изменение масштаба происходит относительно прямой $y=kx$, то преобразование принимает вид

$$S(x,y)=\left(\frac{(\lambda k^2+1)x+k(1-\lambda)y}{k^2+1}, \frac{kx(1-\lambda)+y(\lambda+k^2)}{k^2+1}\right) \quad (8)$$

Преобразование (6) называют однородным изменением масштаба, а (7), (8) – неоднородным. Однородное изменение масштаба возникает обычно при смещении датчика вдоль оптической оси. Неоднородное изменение масштаба происходит при изменении угла наклона оптической оси датчика относительно плоскости сцены. При этом глубина наблюдаемой сцены должна быть намного меньше расстояния до нее [6]. Пример однородного изменения масштаба приведен на рисунках 1 и 2.

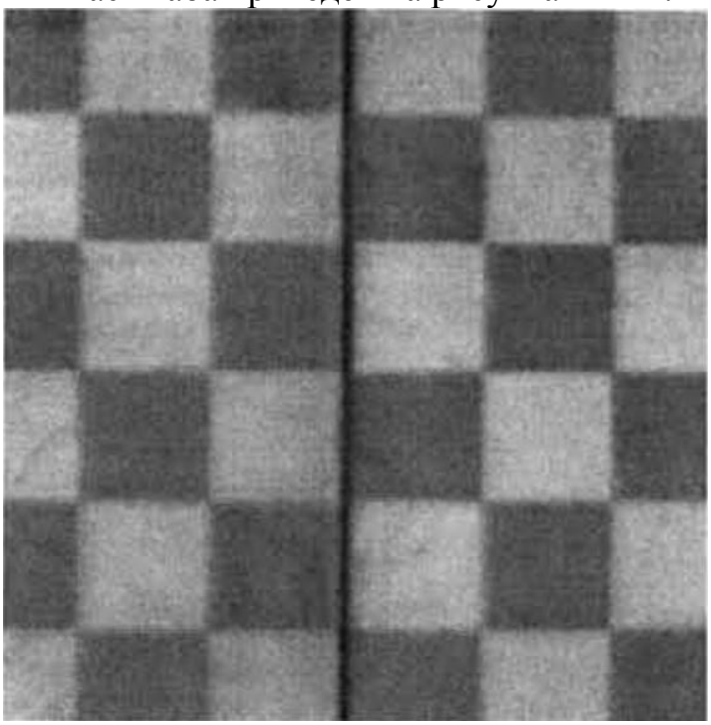


Рис.1 исходное изображение.

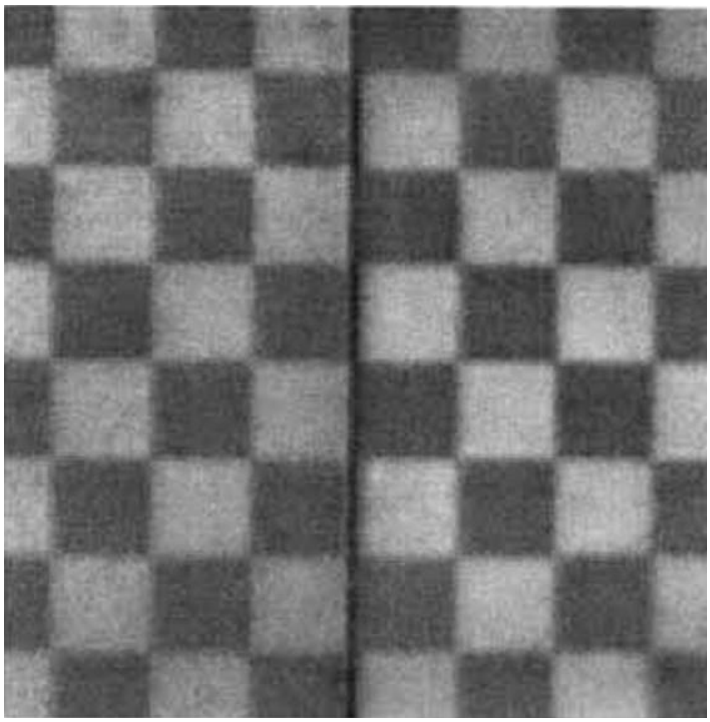


Рис.2 Однородное изменение масштаба.

Поворот. Повороту наблюдаемого изображения на угол φ соответствует преобразование

$$S(x,y)=(x\cos\varphi+y\sin\varphi,-x\sin\varphi+y\cos\varphi), \quad (9)$$

Поворот относительно произвольной точки (x_0,y_0) описывается выражением:

$$S(x,y)=((x-x_0)\cos\varphi+(y-y_0)\sin\varphi,-(x-x_0)\sin\varphi+(y-y_0)\cos\varphi), \quad (10)$$

Пример такого поворота изображения вокруг центра показан на рисунках 1, 3. Повороты происходят при вращении датчика вокруг оптической оси [7].

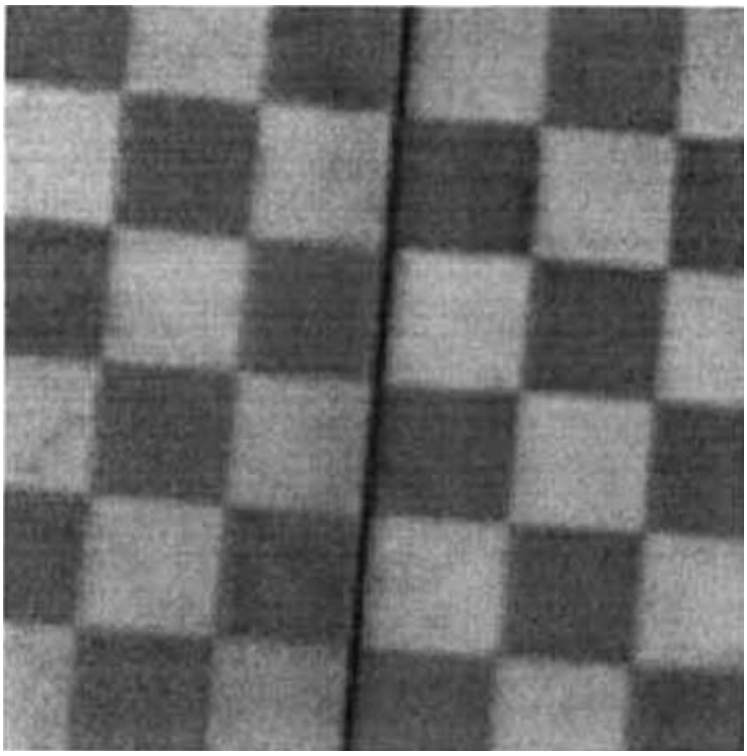


Рис.3 Поворот вокруг центра изображения.

Евклидово преобразование. Евклидовы преобразования изображения являются комбинациями поворотов и сдвигов и могут быть заданы выражением:

$$S(x,y)=(x\cos\varphi+y\sin\varphi-\alpha,-x\sin\varphi+y\cos\varphi-\beta) \quad (11)$$

где φ- угол поворота, (α,β) - величина смещения. Выражения (10) и (11) равноценны при $\alpha = x_0\cos\varphi + y_0\sin\varphi,\ \ \beta = -x_0\sin\varphi + y_0\cos\varphi$. Таким образом, любое евклидово преобразование можно заменить преобразованием поворота вокруг некоторой точки плоскости. Евклидово преобразование оставляет без изменения евклидово расстояние между точками плоскости [8].

Преобразования (6), (8)-(11) являются линейными параметрическими. Среди линейных параметрических преобразований можно выделить, кроме указанных, косой сдвиг вдоль осей координат. Он описывается выражениями

$$S(x,y) = (x - h_x y, y), \quad (12)$$

или

$$S(x,y) = (x, y - h_y \mathrm{x}), \quad (13)$$

Афинное преобразование. Все рассмотренные выше геометрические преобразования входят в множество афинных преобразований. Афинное преобразование характеризуется шестью параметрами $a_{ij}, i = 1,2;\ j = 1,2,3$:

$$S(x,y) = [a_{11}\mathrm{x} + a_{12}\mathrm{y} + a_{13}, a_{21}\mathrm{x} + a_{22}\mathrm{y} + a_{23}], \quad (14)$$

Любое преобразование (14) может быть получено в виде комбинации смещений, изменений масштаба, поворота, косого сдвига и отражения. При афинном преобразовании прямая линия переходит в прямую линию. Параллельность прямых не нарушается.

Проективное преобразование. Афинные преобразования не являются адекватной моделью, если плоскости входных изображений и поля зрения датчика не параллельны [9]. Пр наблюдении плоской поверхности из различных точек пространства возникают проективные преобразования, которые описываются соотношениями

$$S(x,y) = \left[\frac{a_{11}\mathrm{x} + a_{12}\mathrm{y} + a_{13}}{a_{31}\mathrm{x} + a_{32}\mathrm{y} + a_{33}}, \frac{a_{21}\mathrm{x} + a_{22}\mathrm{y} + a_{23}}{a_{31}\mathrm{x} + a_{32}\mathrm{y} + a_{33}}\right], \quad (15)$$

где $a_{ij},\ i,j = 1,2,3$ - параметры преобразования. Пример проективного преобразования приведен на рисунках 1, 4.

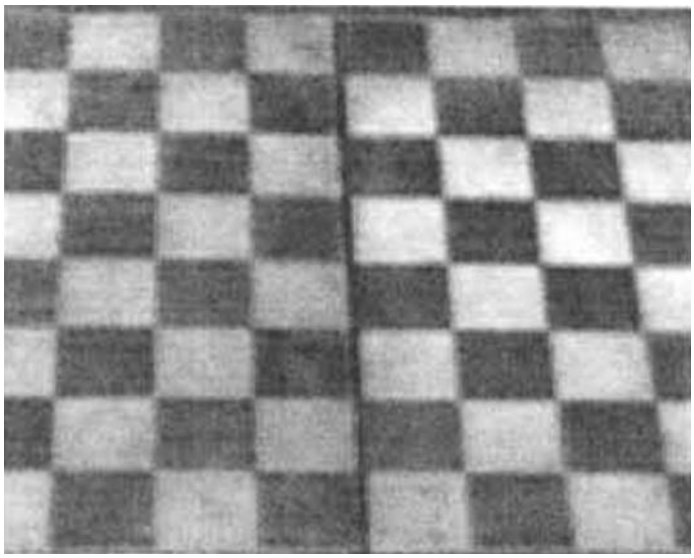


Рис.4 Проективное преобразование.

При проективном преобразовании прямые линии сохраняются, но их параллельность нарушается. Афинные преобразования являются частным случаем проективных и возникают лишь тогда, когда плоскость расположения объекта параллельна плоскости зрения видеодатчика [10].

Проективные преобразования являются девятипараметрическими. Они включают в себя, кроме аффинных, разнообразные нелинейные преобразования. Важнейшими являются ортогональные проективные преобразования, характеризующиеся тем, что коэффициенты a_{ij} в операторе (15) образуют ортогональную матрицу. Если исключить ситуацию наблюдения плоскости под нулевым углом, то в преобразовании (15) $a_{33} \neq 0$, и преобразование является восьмипараметрическим

$$S(x,y) = \left[\frac{a_1 \mathrm{x} + a_2 \mathrm{y} + a_3}{a_7 \mathrm{x} + a_8 \mathrm{y} + 1}, \frac{a_4 \mathrm{x} + a_5 \mathrm{y} + a_6}{a_7 \mathrm{x} + a_8 \mathrm{y} + 1} \right], \quad (16)$$

Проективные преобразования связаны с отображением трёхмерного пространства на двумерную плоскость и, в общем случае, не сохраняют параллельность линий. Свойством, сохраняющимся при проективном преобразовании, является так называемая коллинеарность точек: три точки, лежащие на одной прямой (то есть коллинеарные) после преобразования остаются лежать на одной прямой [10].

Для всех приведённых выше преобразований их вид, заданный в виде формул (5) - (15) однозначно определяет множества D_{lk} и D_{kl}. Пусть $S_{kl}(X)$ это образ множества точек *X*. Тогда D_{lk} и D_{kl} найдутся из выражений:

$$D_{lk} = S_{kl}\left(D\right) \cap D; D_{kl} = S_{kl}^{-1}\left(D_{lk}\right), \quad (17)$$

Рассмотренные преобразования имеют место при весьма ограниченном диапазоне условий наблюдения, когда наблюдается плоская поверхность. Если расстояние до наблюдаемой сцены намного больше, чем глубина сцены, то можно говорить об аффинном или проективном преобразовании.

Выводы. Таким образом, определение функции соответствия между точками различных кадров в произвольных условиях при движущемся датчике изображений на основе только яркостной информации вряд ли возможно. Лишь в ограниченных условиях наблюдения почти плоской сцены, на ограниченном временном интервале, справедливы модели аффинных и проективных преобразований. Решить проблему, видимо, помогло бы комплексирование информации от нескольких датчиков: видеокамеры, радиолокатора, лазерного локатора.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Müller M., Röder T. Motion templates for automatic classification and retrieval of motion capture data. *Symposium on Computer Animation ,SCA.*

Vienna, Austria, 2006, pp. 137–146.

[2] Comaniciu D., Meer P. Mean Shift: A Robust Approach Toward Feature Space Analysis. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence ,PAMI*, 2002, vol. 24, №. 5, pp. 603–619.

[3] Wang Z., Yang X., Xu Y., Yu S. CamShift guided particle filter for visual tracking. *Pattern Recognition Letters ,PRL*, 2009, vol. 30, №. 4, pp. 407–413.

[4] Liyan Li, Maylor K.H. Leung Integrating Intensity and Texture Differences for Robust Change Detection. *IEEE Trans, on Image Processing,* Vol. 11, №. 2, 2002, pp. 105-112

[5] Baker S., Matthews I. Lucas , Kanade 20 Years On: A Unifying Framework. *International Journal of Computer Vision , IJCV*, 2004, vol. 56, №. 3, pp. 221–255.

[6] Ayyalasomayajula P., Grassi S., Farine P. A. Low complexity RST invariant image recognition using Fourier. Mellin Transform *.19th European Signal Processing Conf.*, Barcelona, Spain, 2011

[7] Kasinski A., Schmidt A. The architect ure and performance of the face and eyes detection system based on the Haar cascade classifiers. *Pattern Analysis and Applications,PAA*, 2010, vol. 13, №. 2, pp. 197–211.

[8] Weickert J., Coherence-Encahncing Shock Filters. *Lecture Notes in Computer Science*. Springer, 2003, vol. 2781, pp. 1–8.

[9] Алпатов Б.А., Бабаян П.В. Выделение движущихся объектов в системах видеонаблюдения при наличии геометрических искажений изображения. *Цифровая обработка сигналов и ее применения*. М.: 2005. - С. 336-340

[10] Алфимцев А.Н., Лычков И. И. Метод обнаружения объекта в видеопотоке в реальном времени. *Вестник Тамбовского государственного технического университета*, 2011,т. 17,№1,с. 44–55.

Сакович Илона Олеговна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ilona.sakovich@rambler.ru.

Белов Юрий Сергеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ybs82@mail.ru.

I.O. Sakovich , Yu.S. Belov

MATHEMATICAL MODELS OF THE IMAGE GEOMETRIC TRANSFORMATIONS

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Kaluga, 248000, Russia

The article is devoted to the problem of selection of image geometric transformation in the systems of the moving sensor. It is noted that it is possible to process inter-frame image and object selection with a fixed sensor. It is shown that the choice of a search algorithm parameters image geometric transformations depends on the type of transformation. The article gives a detailed analysis of the algorithms estimating geometric transformations. Different types of the image geometric transformations were investigated, e.g. image motion, zooming, Euclidean transformation, affine transformation, collineatory transformation. Discussed transformations exist for a limited range of conditions. The article offers an overview of the different object selection methods with image geometric transformations.

Keywords*: geometric transformations, motion sensor, image motion, zooming, Euclidean transformation, affine transformation, collineatory transformation*

REFERENCES

[1] Müller M., Röder T. Motion templates for automatic classification and retrieval of motion capture data. *Symposium on Computer Animation, SCA.* Vienna, Austria, 2006, pp. 137–146.

[2] Comaniciu D., Meer P. Mean Shift: A Robust Approach Toward Feature Space Analysis. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine IntelliGence, PAMI*, 2002, vol. 24, № 5, pp. 603–619.

[3] Wang Z., Yang X., Xu Y., Yu S. CamShift guided particle filter for visual tracking. *Pattern Recognition Letters , PRL*, 2009, vol. 30, № 4, pp. 407–413.

[4] Liyan Li, Maylor K.H. Leung Integrating Intensity and Texture Differences for Robust Change Detection. *IEEE Trans, on Image Processing, Vol. 11, No. 2*, 2002, pp. 105-112

[5] Baker S., Matthews I. Lucas – Kanade 20 Years On: A Unifying Framework. *International Journal of Computer Vision ,IJCV*, 2004, vol. 56, № 3, pp. 221–255.

[6] Ayyalasomayajula P., Grassi S., Farine P. - A. Low complexity RST invariant image recognition using Fourier–Mellin Transform *.19th European Signal Processing Conf.*, Barcelona, Spain, 2011

[7] Kasinski A., Schmidt A. The architect ure and performance of the face and eyes detection system based on the Haar cascade classifiers. *Pattern Analysis and Applications, PAA*, 2010, vol. 13, № 2, pp. 197–211.

[8] Weickert J., Coherence-Encahncing Shock Filters. *Lecture Notes in Computer Science*. Springer, 2003, vol. 2781, pp. 1–8.

[9] Alpatov B.A., Babayan P.V. Isolation of moving objects in video surveillance systems in the presence of geometric distortion of the image. *Digital signal processing and its applications*. 2005. P. 336-340

[10] Alfimtsev A.N., Lytchkov I. Method of detecting an object in a video stream in real time. *Bulletin of Tambov State Technical University*, 2011, t. 17, №1, p. 44-55.

Sakovich Ilona Olegovna - student of the Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: Ilona.sakovich@rambler.ru.

Belov Yuri Sergeyevich - Ph. D., Assoc. Professor of the Department of software, information technologies and applied mathematics; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: ybs82@mail.ru.

УДК 004.652.4

А.В. Бурмистров, Ю.С. Белов

НЕДОСТАТКИ РЕЛЯЦИОННЫХ БАЗ ДАННЫХ

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

В настоящее время во всех сферах нашей деятельности широко используются базы данных. С момента своего появления и до сих пор самыми популярными в связи с рядом своих преимуществ над аналогами являются реляционные базы данных. Но в последнее время все больше используются распределенные системы обработки и хранения данных. Благодаря этому были выявлены некоторые недостатки реляционных баз данных, которые первоначально не были предназначены для таких систем. Среди недостатков можно выделить распределенную обработку транзакций и плохую расположенность к горизонтальной масштабируемости, в частности репликации и шардингу. Во многих типах современных нереляционных баз данных от этих недостатков избавились, и поэтому в последнее время они выходят на новый уровень.

***Ключевые слова**: реляционные базы данных, СУБД, ACID, теорема CAP, BASE, масштабируемость, репликация, шардинг*

Введение. Компьютеры были созданы для решения вычислительных задач, но со временем они все чаще стали использоваться для построения систем обработки документов и содержащейся в них информации. Такие системы называют информационными. В качестве примера можно привести систему учета продукции на складе, систему учета книг в библиотеке и т.д. Все вышеперечисленные системы имеют следующие особенности:

для обеспечения их работы нужны сравнительно низкие вычислительные мощности;

данные, которые они используют, имеют сложную структуру;

необходимы средства сохранения данных между последовательными запусками системы.

Другими словами, информационная система требует создания в памяти ЭВМ динамически обновляемой модели внешнего мира с использованием единого хранилища – базы данных (БД) [1]. Для дальнейшего обсуждения необходимо ввести понятие предметной области.

Предметная область – часть реального мира, подлежащая изучению с целью организации управления и, в конечном счете, автоматизации. Предметная область представляется множеством фрагментов, например, предприятие – цехами, дирекцией, бухгалтерией и т. д. Каждый фрагмент

предметной области характеризуется множеством объектов и процессов, использующих объекты, а также множеством пользователей, характеризуемых различными взглядами на предметную область.

Словосочетание «динамически обновляемая» означает, что соответствие БД текущему состоянию предметной области обеспечивается не периодически, а в режиме реального времени. При этом одни и те же данные могут быть по-разному представлены в соответствии с потребностями различных групп пользователей.

Отличительной чертой БД следует считать то, что данные хранятся совместно с их описанием, а в прикладных программах описание данных не содержится. Независимые от программ пользователя данные называются метаданными. В ряде современных систем метаданные, содержащие также информацию о пользователях, форматы отображения, статистику обращения к данным и др. сведения, хранятся в словаре БД.

Таким образом, система управления БД (СУБД) – важнейший компонент информационной системы. Для создания и управления информационной системой СУБД необходима в той же степени, как для разработки программы на алгоритмическом языке необходим транслятор. Основные функции СУБД:

управление данными во внешней памяти (на дисках);

управление данными в оперативной памяти;

журнализация изменений и восстановление базы данных после сбоев;

поддержание языков БД (язык определения данных, язык манипулирования данными).

Обычно современная СУБД содержит следующие компоненты:

ядро, которое отвечает за управление данными во внешней и оперативной памяти и журнализацию;

процессор языка БД, обеспечивающий оптимизацию запросов на извлечение и изменение данных и создание, как правило, машинно-независимого исполняемого внутреннего кода;

подсистему поддержки времени исполнения, которая интерпретирует программы манипуляции данными, создающие пользовательский интерфейс с СУБД;

сервисные программы (внешние утилиты), обеспечивающие ряд дополнительных возможностей по обслуживанию информационной системы.

Создание первых БД и СУБД стало возможно лишь с появлением достаточно дешевых и производительных устройств внешней памяти, какими стали жесткие диски (винчестеры), появившиеся во второй половине 60-х годов. В 70-е годы шла интенсивная разработка теоретических вопросов построения БД. В результате в начале 80-х годов на рынке появились мощные инструментальные средства проектирования и построения информационных систем. Однако, развитие информационных технологий в 90-х привело к появлению новых, более широких требований к обработке

и представлению данных. Таким образом, теория БД, хотя и располагает впечатляющими достижениями, еще далека от завершения.

Структура реляционных баз данных. Базой данных называется организованная в соответствии с определенными правилами и поддерживаемая в памяти компьютера совокупность сведений об объектах, процессах, событиях или явлениях, относящихся к некоторой предметной области, теме или задаче [2]. Она организована таким образом, чтобы обеспечить информационные потребности пользователей, а также удобное хранение этой совокупности данных, как в целом, так и любой ее части.

Реляционная БД представляет собой множество взаимосвязанных таблиц, каждая из которых содержит информацию об объектах определенного вида. Каждая строка таблицы содержит данные об одном объекте (например, автомобиле, компьютере, клиенте), а столбцы таблицы содержат различные характеристики этих объектов – атрибуты (например, номер двигателя, марка процессора, телефоны фирм или клиентов).

Строки таблицы называются записями. Все записи таблицы имеют одинаковую структуру – они состоят из полей (элементов данных), в которых хранятся атрибуты объекта. Каждое поле записи содержит одну характеристику объекта и представляет собой заданный тип данных (например, текстовая строка, число, дата). Для идентификации записей используется первичный ключ. Первичным ключом называется набор полей таблицы, комбинация значений которых однозначно определяет каждую запись в таблице.

Для работы с данными используются БД. Их основные функции:

определение данных (описание структуры БД);

обработка данных;

управление данными.

Разработка структуры БД – важнейшая задача, решаемая при проектировании БД. Структура БД (набор, форма и связи ее таблиц) – это одно из основных проектных решений при создании приложений с использованием БД. Созданная разработчиком структура БД описывается на языке определения данных СУБД.

Любая СУБД позволяет выполнять следующие операции с данными:

добавление записей в таблицы;

удаление записей из таблицы;

обновление значений некоторых полей в одной или нескольких записях в таблицах БД;

поиск записей, удовлетворяющих заданному условию.

Для выполнения этих операций применяется механизм запросов. Результатом выполнения запросов является либо отобранное по определенным критериям множество записей, либо изменения в таблицах. Запросы к БД формируются на специально созданном для этого языке, который так и

называется «язык структурированных запросов» (SQL – Structured Query Language).

Под управлением данными обычно понимают защиту данных от несанкционированного доступа, поддержку многопользовательского режима работы с данными и обеспечение целостности и согласованности данных.

Благодаря своим возможностям в отношении выполнения запросов и управления транзакциями реляционные СУБД (РСУБД) еще недавно казались идеальным решением практически для любой задачи. Однако для эффективного использования этой технологии необходимо выполнение ряда требований к данным: наличие строго определенной структуры, четких взаимосвязей, возможность выделения ключей. Разреженные же данные с нечеткой структурой плохо соответствуют реляционной модели.

Проблемы реляционных СУБД. *Распределенная обработка транзакций.* Все ведущие РСУБД предоставляют широкие возможности по работе с транзакциями. Транзакция – логическая единица работы с БД, группа операций, которая может быть выполнена целиком или не выполнена вообще. Основная сложность работы с транзакциями в распределенных БД состоит в том, что необходимые обновления зачастую затрагивают несколько узлов кластера. Долгое время наиболее распространённым набором требований к транзакциям был набор ACID, но в последнее время часто используется его альтернатива – набор BASE, получивший широкое применение в NoSQL технологиях [3].

Требования ACID. Важным свойством реляционных БД является их способность удовлетворять требованиям ACID [4]. ACID представляет собой набор требований к транзакционной системе, обеспечивающих её надежную и предсказуемую работу:

Атомарность (Atomicity): каждая транзакция осуществляется по принципу «всё или ничего». Сбой на каком-либо этапе транзакции означает сбой всей транзакции. При этом данные в БД остаются в состоянии на начало транзакции;

Согласованность (Consistency): каждая транзакция представляет собой переход из одного корректного состояния в другое. Данные, записываемые в БД в рамках транзакции, удовлетворяют всем установленным ограничениям;

Изолированность (Isolation): на результат транзакции не должны оказывать влияние транзакции, выполняющиеся параллельно с ней;

Надежность (Durability): изменения, успешно внесенные в БД, остаются в сохранности вне зависимости от сбоев в оборудовании, обесточивания системы и прочих проблем.

Однако не для всех задач требуется выполнение всех приведенных требований. Примером может служить приложение ConnectNow от Adobe, хранящее три копии данных о пользовательской сессии, не подвергая реплицируемые данные всем проверкам на согласованность.

Еще одна проблема реляционных БД, связанная с требованиями ACID, возникает при создании распределенных систем. Для выполнения первых трёх требований в РСУБД часто используется централизованное управление блокировками. Если приложение пытается получить доступ к данным, обрабатываемым другим приложением, ему необходимо ждать завершения текущей транзакции. Для распределенной системы централизованный менеджер блокировок является узким местом, поскольку все узлы системы должны взаимодействовать с ним во время каждой своей операции.

Теорема CAP. Основной областью применения нереляционных БД являются распределенные системы [5]. Акроним CAP отражает три важных свойства таких систем:

Согласованность (consistency): после выполнения каждой операции система находится в согласованном состоянии, то есть данные в различных узлах не противоречат друг другу;

Доступность (availability): каждый запрос получает отклик, даже в случае выхода из строя узлов кластера;

Устойчивость к разделению (partition tolerance): сохранение работоспособности при расщеплении системы на несколько изолированных частей.

Теорема CAP утверждает, что лишь два из этих трех требований могут быть выполнены одновременно. Поэтому при построении распределенной БД приходится сделать выбор в пользу двух из перечисленных характеристик и пожертвовать третьей [6]. Выбор в каждом случае осуществляется исходя из конкретной задачи и требований к проектируемой БД. В зависимости от выбранных свойств СУБД разделяются на 3 класса: CA (consistency + availability), CP (consistency + partition tolerance) и AP (availability + partition tolerance). К первой категории относятся традиционные РСУБД, но от распределенных систем обычно требуется устойчивость к разбиению, а потому приходится идти на уступки в отношении согласованности или доступности данных. Поэтому большинство NoSQL технологий относится к классу CP или AP.

Требования BASE. Чтобы выполнить требования ACID в распределенной системе необходимо использовать механизм двухфазовой фиксации (2PC – two-phase commit). При этом процедура фиксации изменений в БД состоит из двух этапов:

Фаза голосования: координатор опрашивает каждую из БД, участвующих в транзакции, о готовности фиксации;

Фаза фиксации: когда все узлы готовы, осуществляется фиксация. После этого обновленные данные становятся доступными пользователям.

Такой подход позволяет добиться согласованности, но как быть, если более важным является требование доступности? Решением этой проблемы является альтернативный набор требований BASE (Basically Available,

Soft-state, Eventually consistent – базовая доступность, неустойчивое состояние, согласованность в конечном счёте) [7]. В отличие от строгой согласованности, входящей в набор ACID, BASE включает более слабое требование – согласованность в конечном счёте. Это условие подразумевает наличие окна несогласованности, когда различные пользователи могут иметь доступ к разным версиям данных. Однако такой подход позволяет получить ряд преимуществ:

Доступность: данные становятся доступными сразу после записи на узел;

Отказоустойчивость: сбой одного из узлов не ведёт к сбою системы в целом (данные будут недоступны лишь для пользователей узла, на котором произошел сбой).

Наборы ACID и BASE представляют собой возможные варианты требований к распределенной системе, и выбор одного из них зависит от того, какое из свойств играет большую роль для разрабатываемой системы: согласованность или доступность. Большинство NoSQL-СУБД используют BASE-подход, поскольку отказ от обеспечения строгой согласованности позволяет добиться значительного преимущества в производительности и масштабируемости.

Масштабируемость. Одной из основных проблем реляционных БД, решение которых может быть достигнуто с помощью технологий NoSQL, является масштабируемость [8]. Она представляет собой способность системы справляться с увеличением нагрузки посредством наращивания её ресурсов. Существует два основных подхода к масштабированию:

Вертикальное масштабирование: увеличение производительности системы за счёт использования более мощного оборудования;

Горизонтальное масштабирование: необходимый уровень производительности достигается посредством разбиения системы на структурные компоненты и распределения их по отдельным физическим машинам.

Горизонтальное масштабирование – более сложное решение, но оно имеет целый ряд преимуществ: гибкость, относительно низкая стоимость и высокий потенциал для дальнейшего увеличения кластера. В контексте БД этот подход заключается в распределении данных между несколькими БД, находящимися на различных узлах кластера. К основным способам горизонтального масштабирования БД относятся репликация и шардинг [9].

Репликация. В распределенных БД репликация состоит в хранении одних и тех же данных на нескольких узлах. Это позволяет увеличить пропускную способность чтения данных, поскольку операции чтения могут быть распределены между множеством машин. Кроме того, это повышает отказоустойчивость системы.

С другой стороны, репликация имеет недостаток, связанный с операциями записи. Каждая из таких операций должна быть выполнена для каждого узла, предназначенного для дублирования данных. При этом возможны следующие варианты:

Данные становятся доступными только после записи на каждый из узлов;

После поступления данные становятся доступными вне зависимости от того, были ли они записаны на все узлы.

В зависимости от выбранного варианта приходится пожертвовать либо доступностью, либо согласованностью данных.

Шардинг. Другим подходом к горизонтальному масштабированию является шардинг (Sharding). Он представляет собой разбиение данных в БД на отдельные порции и распределение их по узлам. Для реляционных БД при шардинге логически независимые записи таблицы хранятся на разных узлах. Таким образом, на разных серверах будет находиться таблица с одинаковой структурой, но разными данными. Для осуществления распределения данных по узлам может быть использована хеш-функция, применяемая к первичному ключу записи для определения сервера, на котором она должна быть размещена.

Чем больше узлов используется в шардированной БД, тем выше вероятность того, что один из них выйдет из строя. Поэтому шардинг обычно используется в сочетании с репликацией, что позволяет повысить отказоустойчивость системы.

Основным преимуществом шардинга является возможность добавления и удаления узлов из кластера по мере изменения нагрузки без необходимости каких-либо изменений в приложении. Однако есть и существенный недостаток: некоторые операции, типичные для БД, становятся слишком сложными и медленными. Одна из наиболее важных операций для реляционных БД – операция соединения, служащая для материализации логической связи между данными базы. Результатом операции является отношение (таблица), получаемая как декартово произведение исходных отношений. В распределенных системах оба исходных набора данных хранятся на множестве узлов, и для осуществления соединения потребуется выполнить большое количество запросов к каждому из этих узлов, что вызовет значительный рост сетевого трафика. По этой причине в БД с возможностью шардирования обычно не поддерживается операция соединения.

Сложности с распределенным выполнением операции соединения делают проблематичным горизонтальное масштабирование реляционных БД. Некоторые специалисты в области распределенных вычислений полагают, что использование шардирования ведёт к потере всех преимуществ РСУБД [10]. Причиной является то, что многие существующие СУБД разрабатывались без расчета на использование горизонтального масштабирования – эта возможность была добавлена в готовые системы позднее. В то же время большинство NoSQL-баз данных изначально включают шардинг как одну из ключевых возможностей. Некоторые из них даже поддерживают автоматическое партиционирование и балансировку нагрузки на узлы кластера.

Заключение. Новые проблемы РСУБД обнаружились с наступлением эры «больших данных». Перед современными бизнес-приложениями зачастую стоит задача обработки терабайтов и даже петабайтов данных. Для решения этой проблемы широко используются распределенные вычисления, что предъявляет к СУБД новые требования: хорошая масштабируемость и возможность распределённой обработки транзакций. При возникновении необходимости обработки больших объемов данных РСУБД сталкиваются с рядом проблем: так, в распределенных системах выполнение транзакций и операций объединения, затрагивающих большое количество узлов кластера, сложно и неэффективно. Это стало причиной роста популярности нереляционных БД, позволяющих добиться большей гибкости, лучшей масштабируемости и высокой отказоустойчивости. Такие БД получили название NoSQL.

Первоначально этот термин использовался для обозначения нереляционных БД, не поддерживающих SQL. Но он также может трактоваться как «Not Only SQL» [11], что выражает суть новой парадигмы: одна технология не может удовлетворять всем требованиям. Действительно, NoSQL-СУБД решают многие проблемы реляционных БД и упрощают работу с большими данными, но при этом приходится жертвовать характерными для РСУБД возможностями в отношении управления транзакциями, индексирования и использования ad hoc запросов. То есть для каждой конкретной задачи выбор используемой технологии следует осуществлять в зависимости от требований к проектируемой БД.

Таким образом, использование NoSQL-технологий позволяет решить ряд проблем, присущих реляционным БД и связанных, прежде всего, с распределенной обработкой данных. Ориентация на распределенные системы и отказ от набора требований ACID поставили перед разработчиками БД новые задачи и привели к появлению оригинальных решений. И хотя в настоящее время существует множество типов нереляционных БД, различающихся по характеристикам, возможностям и назначению, можно выделить ряд концепций и методов, характерных для NoSQL- технологий в целом.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. *Database*. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Database (дата обращения 26.01.2015).

[2]. *Relational database*. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Relational_database (дата обращения 27.01.2015).

[3]. Berndt D.J., Lasa R., McCart J. SiteWit Corporation: SQL or NoSQL that is the Question. *University of South Florida*, 2012, 14 p.

[4]. Padhy R.P., Patra R.M., Satapathy S.C. RDBMS to NoSQL: Reviewing Some Next-Generation Non-Relational Database's. *International Journal of Advanced Engineering Sciences and Technologies*, 2011, vol. 11 (1), pp. 15-30.

[5]. Cattell R. Scalable SQL and NoSQL Data Stores. *SIGMOD Record*, 2010, vol. 39 (4), pp. 12-27.

[6]. Демидов А.А. Проектирование распределённых систем обработки объектных структур данных. *Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции: Труды 12-ой Всероссийской научной конференции (RCDL'2010)*. Казань, 2010, с. 441-447.

[7]. Pritchett D. BASE: An Acid Alternative. *ACM Queue. T. 6.* New York, ACM, 2008, pp. 48-55.

[8]. Orend K. *Analysis and Classification of NoSQL Databases and Evaluation of their Ability to Replace an Object-relational Persistence Layer*. Master's Thesis, *Technische Universitat Munchen*, 2010, 100 p.

[9]. Stensby A.M. Scalability and Horizontal Partitioning. *JavaBin*, 2010, 27 p.

[10]. Lipcon, T. *Design Patterns for Distributed Non-Relational Databases*. URL: http://static.last.fm/johan/nosql-20090611/intro_nosql.pdf (дата обращения: 16.02.2015).

[11]. Tiwari S. Professional NoSQL. *Wiley*, 2011, pp 4-20.

Бурмистров Александр Викторович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: gold_medalist@hotmail.com.

Белов Юрий Сергеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ybs82@mail.ru.

A.V. Burmistrov, Yu.S. Belov

DISADVANTAGES OF RELATIONAL DATABASES

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Kaluga, 248000, Russia

Currently, databases are widely used in all areas of our activity. Since its inception, relational databases are still the most popular due to a number of advantages over its analogues. But lately, data processing and storage distributed systems are more and more used. Weaknesses of relational databases that were not originally designed for such systems identified thanks to this. Distributed transaction processing and poor positioning of the horizontal scalability, in particular replication and sharding, can be identified among the shortcomings. Developers rid of these shortcomings in many types of modern non-relational databases, and therefore they have recently come to a new level.

Keywords: *relational databases, DBMS, ACID, Theorem CAP, BASE, scalability, replication, sharding.*

REFERENCES

[1]. *Database*. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Database (date of manipulation 26.01.2015).

[2]. *Relational database*. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Relational_database (date of manipulation 27.01.2015).

[3]. Berndt D.J., Lasa R., McCart J. SiteWit Corporation: SQL or NoSQL that is the Question. *University of South Florida*, 2012, 14 p.

[4]. Padhy R.P., Patra R.M., Satapathy S.C. RDBMS to NoSQL: Reviewing Some Next-Generation Non-Relational Database's. *International Journal of Advanced Engineering Sciences and Technologies*, 2011, vol. 11 (1), pp. 15-30.

[5]. Cattell R. Scalable SQL and NoSQL Data Stores. *SIGMOD Record*, 2010, vol. 39 (4), pp. 12-27.

[6]. Demidov A.A. Proektirovanie raspredeljonnyh sistem obrabotki ob#ektnyh struktur dannyh. *Jelektronnye biblioteki: perspektivnye metody i tehnologii, jelektronnye kollekcii: Trudy 12-oj Vserossijskoj nauchnoj konferencii (RCDL'2010)*. Kazan', 2010, c. 441-447.

[7]. Pritchett D. BASE: An Acid Alternative. *ACM Queue. T. 6.* New York, ACM, 2008, pp. 48-55.

[8]. Orend K. *Analysis and Classification of NoSQL Databases and Evaluation of their Ability to Replace an Object-relational Persistence Layer*. Master's Thesis, *Technische Universitat Munchen*, 2010, 100 p.

[9]. Stensby A.M. Scalability and Horizontal Partitioning. *JavaBin*, 2010, 27 p.

[10]. Lipcon, T. *Design Patterns for Distributed Non-Relational Databases*. URL: http://static.last.fm/johan/nosql-20090611/intro_nosql.pdf (date of manipulation: 16.02.2015).

[11]. Tiwari S. Professional NoSQL. *Wiley*, 2011, pp 4-20.

Burmistrov Aleksandr Viktorovich - student of the Bauman Moscow State Technical University (the Kaluga Branch). E-mail: gold_medalist@hotmail.com.

Belov Yuri Sergeyevich - Ph. D., Assoc. Professor of the Department of software, information technologies and applied mathematics; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: ybs82@mail.ru.

УДК 004.021

А. П. Жерновкова, Ю. С. Белов

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА НА МАЛОМ ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

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

В мировой экономической практике одной из главных задач является задача оптимизации производства. В настоящее время оптимизация по времени изготовления продукции, объёмам и номенклатуре изделий и т.п. сводится к задаче календарного планирования. Календарное планирование является очень трудоёмкой задачей, эффективное решение которой в ручном режиме требует высокой квалификации оператора, при этом найти оптимальное решение по определённому критерию зачастую очень сложно. Автоматизация этого процесса не только позволяет сэкономить трудовые ресурсы, но также помогает снизить требования к квалификации сотрудников и количество ошибок в результате влияния человеческого фактора. В данной статье приведены общие сведения о существующих методах решения задач календарного планирования. Исследования предметной области показали, что существующие эффективные реализации систем искусственного планирования не смогут в полной мере учесть специфику технологических процессов отдельно взятого предприятия, поэтому при внедрении готовых решений помимо финансовых затрат на разработанное программное обеспечение придётся потратить немалые средства на корректировку устоявшихся производственных процессов и внедрение системы.

***Ключевые слова**: календарное планирование, расписание, оптимизация, метод Гомори, метод ветвей и границ.*

Введение. В мировой экономической практике одной из главных задач является задача оптимизации производства. В настоящее время оптимизация по времени изготовления продукции, объёмам и номенклатуре изделий и т.п. сводится к задаче календарного планирования. Такие задачи начали решать с помощью методов математического программирования почти 50 лет назад. Бурное развитие рыночной экономики вызвало рост конкуренции, поэтому с течением времени календарное планирование не только не утратило актуальности, но даже повысило свою значимость. Календарное планирование является очень трудоёмкой задачей, эффективное

решение которой в ручном режиме требует высокой квалификации оператора, при этом найти оптимальное решение по определённому критерию зачастую очень сложно. Автоматизация этого процесса не только позволяет сэкономить трудовые ресурсы, но также помогает снизить требования к квалификации сотрудников и количество ошибок в результате влияния человеческого фактора.

Следствием этого стало появление множества различных методов, с помощью которых решаются задачи календарного планирования, а также разнообразного программного обеспечения, реализующего те или иные методы для стандартизированных производственных процессов.

Целью данной работы является рассмотрение существующих методов решения задач составления производственного расписания для малого промышленного предприятия.

Основные модели и методы. Рассматриваемые в теории расписаний задачи [1-6] обычно формулируются в терминах обслуживания требований в системе, состоящей из одного либо нескольких обслуживающих приборов. Под термином «требования» подразумеваются обрабатываемые детали, вычислительные программы, проекты, транспортные средства и т.п. Под термином «приборы» подразумеваются станки, вычислительные машины, группы исполнителей проектов, участки дороги т.п. Приборы являются одним из ограниченных ресурсов. Требованию сопоставляется некоторое множество приборов, каждый из которых может или должен обслуживать данное требование. Если каждое требование может быть полностью обслужено любым из этих приборов, то обслуживающая система называется одностадийной. Если требование должно быть обслужено последовательно несколькими приборами, то говорят о многостадийных системах обслуживания. Многостадийные системы подразделяются на три основных типа: система “flow-shop”, “open-shop и “job-shop”.

Построить расписание означает тем или иным способом указать для каждой пары «требование-прибор» интервал времени, в котором этот прибор обслуживает данное требование, при этом должен быть соблюден ряд ограничений. Интерес обычно представляет построение не любых расписаний, а лишь тех из них, которые являются оптимальными относительно того или иного критерия.

Под расписанием понимается функция, которая каждому прибору l и моменту времени t сопоставляет требование, обслуживаемое прибором l в момент времени t, либо указывает, что прибор l в момент t простаивает. С целью корректного определения моментов завершения обслуживания требований, эта функция является полунепрерывной слева по t.

Для представления задач построения оптимальных расписаний используется обозначение $\alpha / \beta / \gamma$, состоящее из трёх полей. Первое поле $\alpha \in \alpha_1\alpha_2$ описывает обслуживающую систему: $\alpha_1 = O$ – система open-shop;

$\alpha_1 = F$ – система flow-shop; $\alpha_1 = J$ – система job-shop. Символ $\alpha_2 \in \{\cdot, m\}$ описывает количество приборов: $\alpha_2 = \cdot$ – количество приборов является элементом входных данных задачи; $\alpha_2 = m$ – количество приборов фиксировано и равно *m*. Поле $\beta \subset \{\beta_1, \beta_2\}$ описывает характеристики требований: $\beta_1 \in \{\cdot, pmtn\}$: $\beta_1 = \cdot$ – прерывания обслуживания любого требования запрещены, $\beta_1 = pmtn$ – прерывания разрешены; $\beta_2 \in \{\cdot, p_j = p\}$: $\beta_2 = \cdot$ – длительности обслуживания требований p_j произвольны, $\beta_2 = p_j = p$ – p_j одинаковы и равны *p* для всех требований и приборов. Поле γ описывает критерий задачи, который состоит в отыскании расписания, допустимого относительно директивных сроков либо минимизирующий некий целевой функционал: общий момент завершения обслуживания $C_{\max} = \max(C_j)$; сумма моментов завершения $\sum C_j$; максимальная стоимость $f_{\max} = \max(f_j(C_j))$.

В системе flow-shop каждое требование обслуживается приборами $1,...,m$ в этой последовательности. Обслуживание требования прибором $l+1$ может быть начато не ранее завершения его обслуживания прибором *l*.

Теорема 1. Для задачи $F//C_{\max}$ существует оптимальное расписание, при котором приборы 1 и 2 обслуживают требования в одной и той же последовательности.

Теорема 2. Для задачи $F//C_{\max}$ существует оптимальное расписание, при котором приборы $m-1$ и *m* обслуживают требования в одной и той же последовательности.

Из теорем следует, что при $m \le 3$ оптимальное расписание для задачи $F//C_{\max}$ можно отыскивать в классе перестановочных расписаний, то есть расписаний, при которых все приборы обслуживают требования в одной и той же последовательности. При $m \ge 4$ это утверждение несправедливо.

В системе open-shop каждое требование обслуживается приборами $1,...,m$ в произвольной последовательности. Такие задачи обладают симметрией – приборы и требования можно поменять ролями без изменения существа задачи.

В системе job-shop для каждого требования *j* задана последовательность приборов $(l_1(j),...,l_{r_j}(j))$, которые его обслуживают. Приборы в этой последовательности могут повторяться. Процесс обслуживания требования *j* прибором $l_i(j)$ называется *i*-й стадией обслуживания требования *j*: обозначим через p_{ij}, $i = 1,...,r_j$, длительность обслуживания *j* на стадии *i*.

Известны эффективные алгоритмы решения задач $J//f$ и $J/pmtn/f$ в случае, когда имеется два требования и целевая функция $f = f(C_1, C_2)$ является регулярной, т.е. неубывающей от C_1 и C_2. В этом случае допустимое расписание задачи может быть представлено графически (рис. 1).

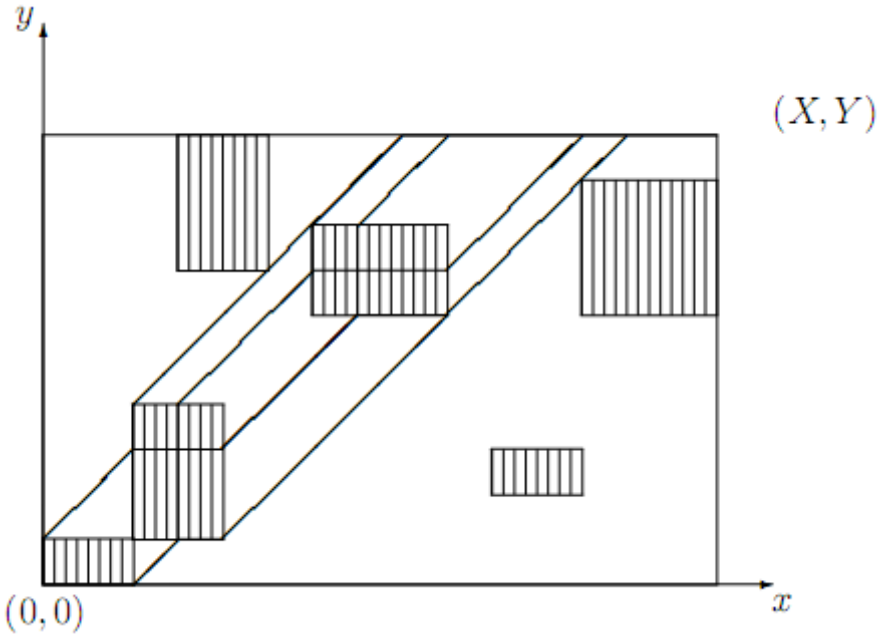


Рис. 1 - Графическое решение задач $J//f$ и $J/pmtn/f$ при $n = 2$.

Групповые технологии обслуживания. Многие современные производственные системы обслуживают схожие либо идентичные требования партиями [7-9]. Требования одной и той же партии обслуживаются прибором непосредственно друг за другом либо одновременно. Такая технология обслуживания приводит к значительному снижению затрат на переналадки.

Общая постановка задачи. Имеется множество, состоящее из *n* требований, которое разбито на *g* попарно непересекающихся групп, исходя из некоторых технологических соображений. Эти требования должны быть объединены в партии и обслужены *m* приборами. Образование партий – это разбиение множества требований на попарно непересекающиеся подмножества, каждое из которых может включать лишь требования одной и той же группы. Партия - это подмножество в таком разбиении. Требования одной и той же партии обслуживаются прибором непосредственно друг за другом либо одновременно. Предполагается, что разбиение множества требований на партии одинаково для всех приборов. Обслуживание требования прибором происходит без прерываний. Такие предположения являются типичными для большинства практических ситуаций.

Непосредственно перед началом обслуживания каждой партии необходима переналадка прибора. Если переналадка может начаться лишь по-

сле того, как хотя бы одно требование соответствующей партии поступило на прибор, то переналадка является неупреждающей. В противном случае она является упреждающей. Если не оговорено особо, предполагается, что все переналадки являются упреждающими.

Каждый прибор может обслуживать не более одной партии в каждый момент времени и не может обслуживать требования во время выполнения переналадки. Каждое требование может обслуживаться не более чем одним прибором в каждый момент времени, если не оговорено обратное.

Под моментом завершения обслуживания требования прибором понимается момент времени, когда требование покидает данный прибор. Этот момент, вообще говоря, отличается от момента, когда прибор завершает работу по обслуживанию данного требования, т.к. требование может задержаться на приборе в силу ряда обстоятельств.

На множестве групп, также как и на множестве требований, может быть определено отношение предшествования (порядка). Под моментом завершения обслуживания группы понимается момент завершения обслуживания всех ее требований.

Метод Гомори. Метод Гомори - одним из методов решения задач линейного целочисленного программирования (ЛП) [10-12]. Метод заключается в построении ограничений, отсекающих нецелочисленные решения задачи ЛП, но не отсекающих ни одного целочисленного плана:

Решаем задачу симплексным методом без учета условия целочисленности. Если все компоненты оптимального плана целые, то он является оптимальным и для задачи целочисленного программирования. Если обнаруживается неразрешимость задачи, то и неразрешима задача целочисленного программирования.

Если среди компонент оптимального решения есть нецелые, то к ограничениям задачи добавляем новое ограничение, обладающее следующими свойствами: оно должно быть линейным; должно отсекать найденный оптимальный нецелочисленный план; не должно отсекать ни одного целочисленного плана.

Для построения ограничения выбираем компоненту оптимального плана с наибольшей дробной частью и по соответствующей этой компоненте *k*-й строке симплексной таблицы записываем ограничение Гомори.

$$f_k = \sum_{j \neq A} f_{kj} x_j - S^*, \quad S^* \geq 0, \qquad (1)$$

где $f_k = x_j - [x_j]; \quad f_{kj} = z_{kj} - [z_{kj}];$

S^* - новая переменная;

$x_j, \quad z_{kj}$ - ближайшее целое, не превосходящее x_j и z_{kj} соответственно.

Составленное ограничение добавляем к имеющимся в симплексной таблице, тем самым получаем расширенную задачу. Чтобы получить опор-

ный план этой задачи, необходимо ввести в базис тот вектор, для которого величина $\left|\Delta_j / f_{kj}\right|$ минимальна. Если для этого вектора величина $\theta = \min\limits_{z_{ij}>0} \dfrac{x_j}{z_{ij}}$ получается по дополнительной строке, то в следующей симплексной таблице будет получен опорный план. Если же величина θ не соответствует дополнительной строке, необходимо перейти к М-задаче.

Решаем полученную задачу при помощи симплексных преобразований. Если решение этой задачи приводит к целочисленному оптимальному плану, то искомая задача решена. Если мы получили нецелочисленное решение, то снова добавляем одно дополнительное ограничение, и процесс вычислений повторяется. Проделав конечное число итераций, либо получаем оптимальный план задачи целочисленного программирования, либо устанавливаем ее неразрешимость.

Замечания: Если дополнительная переменная S^* вошла в базис, то после пересчета какого-либо последующего плана соответствующие ей строку и столбец можно удалить, сократив тем самым размерность задачи. Если для дробного x_j обнаружится целочисленность всех коэффициентов соответствующего уравнения, то задача не имеет целочисленного решения.

Метод ветвей и границ. Метод ветвей и границ — один из комбинаторных методов [13-15]. Его суть заключается в упорядоченном переборе вариантов и рассмотрении лишь тех из них, которые оказываются по определенным признакам перспективными, и отбрасывании бесперспективных вариантов:

Первоначально любым способом находим оптимальный план задачи без учета целочисленности переменных. Пусть им является план x_0. Если среди компонент этого плана нет дробных чисел, то тем самым найдено искомое решение данной задачи и $F_{\max} = F(X_0)$.

Если же среди компонент плана X_0 имеются дробные числа, то X_0 не удовлетворяет условию целочисленности и необходимо осуществить упорядоченный переход к новым планам, пока не будет найдено решение задачи. Покажем, как это можно сделать, предварительно отметив, что $F(X_0) \geq F(X)$ для всякого последующего плана X в связи с увеличением количества ограничений.

Если найденный оптимальный план X_0 не удовлетворяет условию целочисленности переменных, то среди его компонент есть дробные числа. Пусть, переменная x_{i_0} приняла в плане X_0 дробное значение. Тогда в оптимальном целочисленном плане ее значение будет по крайней мере либо меньше или равно ближайшему меньшему целому числу $\tilde{N}_{i_0}$, либо больше или равно ближайшему большему целому числу $\tilde{N}_{i_0} + 1$. Определяя эти

числа, находим любым способом решение двух задач линейного программирования:

$$\begin{cases} F = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j \to \max, \\ \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j = b_i, \qquad (i = \overline{1, \quad m}), \\ x_{i_0} \le C_{i_0}, \\ x_j \ge 0, \qquad (j = \overline{1, \quad n}); \end{cases} \tag{2}$$

$$\begin{cases} F = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j \to \max, \\ \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j = b_i, \qquad (i = \overline{1, \quad m}), \\ x_{i_0} \ge C_{i_0} + 1, \\ x_j \ge 0, \qquad (j = \overline{1, \quad n}). \end{cases} \tag{3}$$

Здесь возможен один из следующих четырех случаев:

1.Одна из задач неразрешима, а другая имеет целочисленный оптимальный план. Тогда этот план и значение целевой функции на нем и дают решение исходной задачи.

2. Одна из задач неразрешима, а другая имеет оптимальный план, среди компонент которого есть дробные числа. Тогда рассматриваем вторую задачу и в ее оптимальном плане выбираем одну из компонент, значение которой равно дробному числу, и строим две задачи, аналогичные задачам (2) и (3).

3.Обе задачи разрешимы. Одна из задач имеет оптимальный целочисленный план, а в оптимальном плане другой задачи есть дробные числа. Тогда вычисляем значения целевой функции на этих планах и сравниваем их между собой.

3.1.Если на целочисленном оптимальном плане значение целевой функции больше или равно ее значению на плане, среди компонент которого есть дробные числа, то данный целочисленный план является оптимальным для исходной задачи и он вместе со значением целевой функции на нем дает искомое решение.

3.2.Если же значение целевой функции больше на плане, среди компонент которого есть дробные числа, то следует взять одно из таких чисел и для задачи, план которой рассматривается, необходимо построить две задачи, аналогичные (2) и (3).

4.Обе задачи разрешимы, и среди оптимальных планов обеих задач есть дробные числа. Тогда вычисляем значение целевой функции на дан-

ных оптимальных планах и рассматриваем ту из задач, для которой значение целевой функции является наибольшим. В оптимальном плане этой задачи выбираем одну из компонент, значение которой является дробным числом, и строим две задачи, аналогичные (2) и (3).

Заключение. Компьютерные технологии прочно вошли в современную жизнь. Автоматизация часто выполняемых процессов позволяет сэкономить трудовые и финансовые ресурсы организаций посредством более быстрого выполнения трудоёмких операций и снижения требований к квалификации сотрудников, снизить количество ошибок в результате влияния человеческого фактора, более эффективно планировать стратегию развития предприятия.

Использование систем автоматического составления производственного расписания позволяет сэкономить время самого процесса планирования и сводит задачу диспетчера к выбору оптимального расписания из предложенных системой. Исследования предметной области показали, что существующие эффективные реализации систем искусственного планирования не смогут в полной мере учесть специфику технологических процессов отдельно взятого предприятия, поэтому при внедрении готовых решений помимо финансовых затрат на разработанное программное обеспечение придётся потратить немалые средства на корректировку устоявшихся производственных процессов и внедрение системы.

В данной статье был проведён анализ существующих моделей решения задач планирования производственного расписания, определены преимущества недостатки рассмотренных моделей.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Лазарев А. А., Гафаров Е. Р. *Теория расписаний. Задачи и алгоритмы*. М.: МГУ им. М. В. Ломоносова, 2011, 222 с.

[2]. Jean-Noël Monette. *Solving Scheduling problems from High-Level Models*. Belgium: ICTEAM, 2010, pp. 1-45

[3]. Методы календарного планирования производства. М.: Economic-S, 2010. url: http://www.economic-s.ru/index.php/theory/operativnoe-planirovanie-opp/metodyi-kalendarnogo-planirovaniya-pr/ (дата обращения: 13.02.2015).

[4]. Евгений Фролов. *Оперативное планирование производства*. Директор информационной службы. 2013. № 05. url: http://www.osp.ru/cio/2013/05/13035711/ (дата обращения: 14.02.2015).

[5]. Матвейкин В. Г., Дмитриевский Б. С., Панченко И. С., Кокорева М. В. *Системы диспетчеризации и управления*. Тамбов: ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013, с. 4-17.

[6]. Suh-Jenq Yang. Group scheduling problems with simultaneous considerations of learning and deterioration effects on a single-machine. *Applied Mathematical Modelling*. 2011, vol. 35, Issue 8, pp. 4008–4016.

[7]. Vo Viet Minh Nhat, Nguyen Hong Quoc. A Model of Adaptive Grouping Scheduling in OBS Core Nodes. *Journal of Convergence*, Vol. 5, Number 1, March 2014. pp. 9-13.

[8]. Ping Ji, Lin Li. Single-Machine Group Scheduling Problems with Variable Job Processing Times. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014. pp. 3-8.

[9]. J.-B. Wang, M.-Z. Wang, and P. Ji. Single machine total completion time minimization scheduling with a time-dependent learning effect and deteriorating jobs. *International Journal of Systems Science*, 2012, vol. 43, no. 5, pp. 861–868.

[10]. Lazarev A. A., Salnikov A. M., Baranov A. V. *Parallel Computing Technologies*. Kazan: Springer, 2011, pp. 98-109.

[11]. Leo Liberti. Problems and exercises in Operations Research. *Ecole Polytechnique*, 2010, pp. 17-24.

[12]. Pierre Hansen, Nenad Mladenovíc, and José A. Moreno-Pérez. *Variable neighbourhood search: methods and applications. Annals of Operations Research*, 175(1), 2010. pp. 367–407.

[13]. M. D. Toksarı. A branch and bound algorithm for minimizing makespan on a single machine with unequal release times under learning effect and deteriorating jobs. *Computers & Operations Research*, 2011, vol. 38, no. 9, pp. 1361–1365.

[14]. Гладков Л.А. *Анализ и исследование эволюционных методов решения задач разбиения СБИС*. монография / Под ред. В.В. Курейчика - Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010, 84 с.

[15]. de la Banda, M.G., Stuckey, P.J., Chu, G.: Solving talent scheduling with dynamic programming. *INFORMS Journal on Computing* 23(1), 2011 pp. 120–137.

Жерновкова Анна Павловна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: zhernovkovaanna@gmail.com.

Белов Юрий Сергеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ybs82@mail.ru.

A. P. Zhernovkova, Yu.S. Belov

OVERVIEW OF THE EXISTING METHODS FOR RESOLVING SCHEDULING PROBLEMS AT A SMALL INDUSTRIAL ENTERPRISE

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Kaluga, 248000, Russia

One of the main problems in the world economic practice is the problem of manufacture optimization. Nowadays, optimization of the time of products manufacturing, of the volume and products' nomenclature etc. comes down to scheduling problem. The scheduling problem is a very laborious problem, and an effective solution of which requires operator's high qualification; and, in this case, it is very difficult to find optimal solution for a specific criterion. Automation of this process allow both saving labor resources and reducing requirements for employees' qualification and the errors causes by a human factor. There is an overview of the existing methods for resolving scheduling problems in this article. The researches of the subject area showed that the existing effective implementation of an artificial scheduling system could not consider the whole specifics of technological processes of a single enterprise; so, introducing ready decisions and excluding the financial costs for a developed software, we will have to spend a lot of money to correct the established production processes and system implementation.

Keywords: *information technologies, scheduling, optimization, Gomory's method, branch-and-bound method.*

REFERENCES

[1]. Lazarev A. A., Gafarov E. R. *Teorija raspisanij. Zadachi i algoritmy*. M.: MGU im. M. V. Lomonosova, 2011, 222 s.

[2]. Jean-Noël Monette. *Solving Scheduling problems from High-Level Models*. Belgium: ICTEAM, 2010, pp. 1-45

[3]. Metody kalendarnogo planirovanija proizvodstva. M.: Economic-S, 2010. url: http://www.economic-s.ru/index.php/theory/operativnoe-planirovanie-opp/metodyi-kalendarnogo-planirovaniya-pr/ (data obrashhenija: 13.02.2015).

[4]. Evgenij Frolov. Operativnoe planirovanie proizvodstva. *Direktor informacionnoj sluzhby*. 2013. № 05. url: http://www.osp.ru/cio/2013/05/13035711/ (data obrashhenija: 14.02.2015).

[5]. Matvejkin V. G., Dmitrievskij B. S., Panchenko I. S., Kokoreva M. V. *Sistemy dispetcherizacii i upravlenija*. Tambov: FGBOU VPO «TGTU», 2013, s. 4-17.

[6]. Suh-Jenq Yang. Group scheduling problems with simultaneous considerations of learning and deterioration effects on a single-machine. *Applied Mathematical Modelling*. 2011, vol. 35, Issue 8, pp. 4008–4016.

[7]. Vo Viet Minh Nhat, Nguyen Hong Quoc. A Model of Adaptive Grouping Scheduling in OBS Core Nodes. *Journal of Convergence*, Vol. 5, Number 1, March 2014. pp. 9-13.

[8]. Ping Ji, Lin Li. Single-Machine Group Scheduling Problems with Variable Job Processing Times. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014. pp. 3-8.

[9]. J.-B. Wang, M.-Z. Wang, and P. Ji. Single machine total completion time minimization scheduling with a time-dependent learning effect and deteriorating jobs. *International Journal of Systems Science*, 2012, vol. 43, no. 5, pp. 861–868.

[10]. Lazarev A. A., Salnikov A. M., Baranov A. V. *Parallel Computing Technologies*. Kazan: Springer, 2011, pp. 98-109.

[11]. Leo Liberti. Problems and exercises in Operations Research. *Ecole Polytechnique*, 2010, pp. 17-24.

[12]. Pierre Hansen, Nenad Mladenovíc, and José A. Moreno-Pérez. *Variable neighbourhood search: methods and applications. Annals of Operations Research*, 175(1), 2010. pp. 367–407.

[13]. M. D. Toksarı. A branch and bound algorithm for minimizing makespan on a single machine with unequal release times under learning effect and deteriorating jobs. *Computers & Operations Research*, 2011, vol. 38, no. 9, pp. 1361–1365.

[14]. Gladkov L.A. *Analiz i issledovanie jevoljucionnyh metodov reshenija zadach razbienija SBIS*. monografija / Pod red. V.V. Kurejchika - Taganrog: Izd-vo TTI JuFU, 2010, 84 s.

[15]. de la Banda, M.G., Stuckey, P.J., Chu, G.: Solving talent scheduling with dynamic programming. *INFORMS Journal on Computing* 23(1), 2011 pp. 120–137.

Zhernovkova Anna Pavlovna – student; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: zhernovkovaanna@gmail.com.

Belov Yuri Sergeyevich - Ph. D., Assoc. Professor of the Department of software, information technologies and applied mathematics; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: ybs82@mail.ru.

УДК 004.93.12

Н.Ю. Широкопояс, Ю. С. Белов

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МОДЕЛЕЙ РАСПОЗНАВАНИЯ ЖЕСТОВ РУКИ

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

Использование рук в качестве устройства ввода является предпочтительным при организации естественного человеко-компьютерного взаимодействия. Именно поэтому в последнее время огромное внимание уделяется системам распознавания жестов рук человека. Распознавание жестов имеет очень широкий круг применений. Данные системы могут использоваться для распознавания языка жестов, в медицинской сфере, а так же виртуальной реальности.Существует два основных подхода к распознаванию жестов. Первый основан на использовании сенсоров и датчиков, второй использует обычную видеокамеру в качестве устройства ввода. В данной статье рассматривается определение понятия жеста и основные виды жестов. Основное внимание уделено наиболее распространенным моделям распознавания жестов, основанных на внешних признаках жестов. В частности рассматриваются Скрытые Модели Маркова, метод Виолы-Джонса, нейронные сети и Байесовы сети, отмечены основные недостатки перечисленных моделей. Также затронуты существующие проблемы и способы их решения.

Ключевые слова: *распознование, человеко-компьютерное взаимодействие, нейронные сети, жесты рук, HCI*

Введение. В настоящее время компьютер является неотъемлемой частью жизни человека. Множество людей используют его для работы, общения, игр, образования или каких-либо других целей. Не смотря на это немногое изменилось в области человеко-компьютерного взаимодействия с момента изобретения наиболее распространенных устройств ввода информации, таких как мышь и клавиатура. Это можно объяснить тем, что данные устройства, вероятно, удовлетворяют требования большинства пользователей. Но, несмотря на свою привычность, подобные интерфейсы нельзя назвать естественными [5]. Поэтому, в настоящее время ведутся активные исследования по созданию альтернативных способов человеко-компьютерного взаимодействия. В качестве такой альтернативы может выступать интерфейс, основанный на жестах[1].

Жесты – один из старейших способов передачи информации, которым пользуется человек. Из-за широкого спектра применения жестов довольно трудно дать конкретное определение этому понятию. В [2] жест определяется как движение тела с целью передачи какой-либо информации. Движение пальцев, рук, головы, плеч, мимика лица: всё перечисленное является жестами. С помощью жестов человек может передать самостоятельную информационную единицу или дополнить словесный ряд, передать чувства и эмоции. Обычно жесты подразделяются на статические (воспринимаемые одномоментно) и динамические (воспринимаемые в некоторый период времени) жесты.

Не смотря на всё это, в настоящее время существует не так много устройств, взаимодействие и управление которыми может осуществляться посредством жестов. Хотя в последнее время наблюдается настоящий всплеск интереса к процессам распознавания жестов человека. Это в первую очередь связано с широким кругом возможных применений данного подхода.

Технологии распознавания жестов могут применяться при создании новых систем дистанционного управления, а также в индустрии компьютерных игр и среде виртуальной реальности, количество областей применения непрерывно возрастает, а предлагаемые решения становятся всё более и более эффективными.

Обычно, выделяются два основных подхода, которые используются во всех существующих системах распознавания жестов. Первый основан на использовании специальной информационной перчатки, в которую встроены всевозможные сенсоры и датчики, способные передавать всю информацию о положении руки в пространстве и ее движении. В качестве основных недостатков таких систем выделяется относительная дороговизна такого рода устройств и необходимость в особом уровне подготовки пользователей.

Второй подход основан на использовании в качестве устройства ввода обычной видео-камеры, что значительно дешевле и удобнее в использовании. Конечно, такой подход не лишён недостатков, и требует, в какой-то мере, определенных ограничений. Тем не менее, можно предположить, что развитие именно этого подхода наиболее перспективно[4].

Основные модели распознавания жестов. В самом простейшем случае все модели распознавания жестов человека, как и сами жесты, можно разделить на две группы – статические и динамические жесты.

Статические модели имеют дело со статическими жестами, то есть они не используют информацию об изменении конкретного жеста во времени, а динамические модели эту информацию используют. Как статические, так и динамические модели могут работать в двумерном или трехмерном геометрическом пространстве.

Динамические модели имеют дополнительную координату – это время, то есть они используют временное пространство. Кроме того, как в статических, так и в динамических моделях для распознавания жестов, могут использоваться цветовые или биометрические пространства, помимо геометрического и временного пространств.

К числу наиболее известных моделей распознавания динамических жестов относятся: нейронные сети, Скрытые Марковские модели, Байесовые сети, метод Виолы-Джонса.

Применение нейронных сетей для решения задачи распознавания жестов человека. Искусственные нейронные сети (ИНС) представляют собой математическую модель, построенную на принципах организации и функционирования биологических нейронных сетей. В задачах распознавания жестов, ИНС обычно используют как инструмент машинного обучения, где на вход ИНС передаются характеристики жеста и на выходе получается распознанный жест. ИНС отличаются между собой структурой и методом обучения. Зачастую данный подход может использоваться в комбинации с другими методами, как например СММ [7]. Наиболее распространенными видами ИНС, используемыми в задачах распознавания, являются сети прямого распространения (feed forward neural networks), рекуррентные нейронные сети, самоорганизующиеся карты Кохонена и другие.

Нейронные сети являются детально изученными и хорошо зарекомендовавшими себя моделями. Но они обладают следующими недостатками. Во-первых, для надежного распознавания жестов, зачастую используются большие нейронные сети с тысячами нейронов, что приводит к огромной сложности распознования.

В процессе обучения нейронных сетей возможен так называемый паралич сети, когда значения весовых коэффициентов становятся очень большими величинами. Это приводит к тому, что процесс обучения практически прекращается. В результате приходится изменять внутреннюю, структуру сети, что приводит к дополнительным затратам на ее переобучение.

Обучение сети может завершаться вследствие нахождения локального оптимума. Это может привести к тому, что похожие жесты практически не будут распознаваться.

Один и тот же динамический жест может выполняться с различной скоростью. На практике это означает генерацию для одного и того же жеста наблюдаемых последовательностей различной длины. Это приводит к еще большему увеличению мощности обучающей выборки и увеличению трудоемкости обучения.

Применение Скрытых Моделей Маркова для решения задачи распознавания жестов человека. СММ хорошо зарекомендовали себя при решении ряда задач распознавания. Наиболее сложной проблемой распознава-

ния динамических жестов является их пространственно-временная изменчивость, которая выражается в том, что один и тот же жест может иметь отличия в скорости, форме, длительности или целостности. Эти характеристики делают распознавание динамических жестов более трудным, чем статических. СММ – это статистическая модель, широко используемая в распознавании почерка, речи и символов, она так же применима и для распознавания жестов.[6]

СММ обладают рядом существенных недостатков. Например, алгоритмы, используемые в СММ, обладают высокой сложностью.

СММ в настоящее время хорошо изучены и их возможности достигли насыщения. Эксперименты с этими моделями показали, что похожие жесты оказываются слабо различимыми, а при увеличении алфавита распознаваемых жестов надежность распознавания падает. Этому есть вполне понятное объяснение: природа жестов вовсе не случайна. Случайными являются отклонения каких-либо параметров наблюдаемых последовательностей, но только в определенных пределах. Сложность построения и использования СММ во многих случаях абсолютно неоправданна.

Применение метода Виолы-Джонса для решения задачи распознавания жестов человека**.** Метод был разработан и представлен в 2001 г. Полом Виолой и Майклом Джонсом и до сих пор эффективен для поиска объектов на цифровых изображениях и видеопоследовательностях в режиме реального времени. Основной его идеей является использование каскада простых классификаторов – детекторов характеристик вместо одного сложного классификатора. На базе этой идеи возможно построение детектора, способного работать в режиме реального времени.

Для повышения скорости обнаружения используется каскадная структура, фокусирующая свою работу на наиболее информативных областях изображения. Каскад состоит из слоев, которые представляют собой классификаторы, обученные с помощью процедуры бустинга.

Применение Байсовых сетей для решения задачи распознавания жестов человека.

Байесовы сети являются обобщением Скрытых Моделей Маркова, позволяя представить пространство состояний в разложенном виде, а не в виде одной дискретной случайной величины [8]. Байесова сеть состоит из следующих компонент:

1. Множество случайных переменных и направленных связей между переменными;

2. Переменные (узлы) вместе со связями (дуги) образуют ориентированный граф без циклов;

3. К каждой переменной-потомку A с переменными-предками $B_1, \dots, B_n$ приписывается таблица условных вероятностей $P(A|B_1, \dots, B_n)$. Таблица условных вероятностей каждой вершины содержит вероятности состояний этой вершины при условии состояний её «родителей».

Однако высокая сложность обучения делает невозможным обучение модели вне лабораторных условий, когда неизвестны априорные вероятности и требуется несколько десятков обучающих примеров.

Другие модели. Кроме рассмотренных наиболее популярных и современных моделей для распознавания жестов используются также и другие модели.

В частности, во многих исследованиях предполагалось, что различные жесты, могут быть распознаны только с помощью информации о движении. Такие системы применяются в областях, где не требуется распознавания алфавита более чем из пяти жестов, и жесты выполняются в контролируемых условиях, следовательно, нет необходимости в сложной модели распознавания.

Поэтому многие исследователи разрабатывают оригинальные модели для представления траекторий движения, которые используются в распознавании жеста. Модели основываются на анализе двухмерных траекторий жеста, записанных в системе координат с заданным масштабом, используя только визуальную информацию о кисти, или основываются на анализе двухмерных траекторий руки созданных маркерами, прикрепленными на кончиках пяти пальцев.

В методике представления и распознавания жестов основанной на состояниях, обучающая выборка состоит из итогового набора траекторий жестов, которые представляют изменение движения локального региона в специально заданном пространстве измерений. Эти данные переводятся в символьное описание телодвижения, которое представляет жест, как последовательность измерений или конфигурационных состояний. Затем распознавание выполняется путем определения соответствия новой траектории и имеющейся последовательности состояний.

К основным преимуществам данных систем относится: работа в реальном времени и небольшое число обучающих примеров. Но главными недостатками является маленький (меньше 10 жестов) алфавит распознаваемых жестов и ограниченность использования вне среды обучения модели.

Выводы. В последнее время в области распознавания жестов можно отметить очевидный прогресс, как с программной, так и с аппаратной точки зрения. Методы, основанные на анализе внешних признаков жестов, предоставляют собой более естественное решение проблемы человеко-компьютерного взаимодействия[9, 10]. Однако эффективность данных методов зависит от многих факторов, в частности от выбора математической модели представления жестов.

Наиболее популярные математические модели (СММ, нейронные сети, Байесовы сети) для формирования эталонных моделей жестов требуют высоких вычислительных затрат на обучение и формирование полной доверительной обучающей выборки наборов значений параметров, характе-

ризующих жесты (сотен или даже тысяч наборов). Для систем распознавания, направленных на реальное применение, этот недостаток указанных моделей является сдерживающим фактором для их использования.

Кроме того оценки вычислительной сложности распознавания с помощью этих моделей зависят от квадрата числа состояний (СММ), нейронов (нейросети) или вершин (Байесовы сети), используемых для распознавания, умноженных на число символов наблюдаемой последовательности. Вследствие этого, с ростом этих величин, практическое использование для распознавания жестов в реальном времени указанных моделей, из-за высоких затрат процессорного времени и памяти компьютера, становится затруднительным. На основе данного обзора можно сделать вывод, что для достижения максимальной производительности при минимальных затратах временных и вычислительных ресурсов необходимо использовать некие композиции данных методов.

Список литературы

[1] Lalit Gupta and Suwei Ma, Gesture-Based Interaction and Communication: Automated Classification of Hand Gesture Contours, *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics- part c: applications and reviews*, 2001, vol. 31, pp. 114-120.

[2] Shigeo Abe, Support Vector Machines for Pattern Classification, second edition, *Kobe University ,Graduate School of Engineering, 2nd edition, Springer-Verlag London Limited*, 2010, pp. 39-43.

[3] Starner T., Weaver J., and Pentland A. Real-Time American SignLanguage Recognition Using Desk and Wearable Computer Based Vide, *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1998, Vol.20, №12, pp.1371-1375.

[4] C. Harshith, K. R. Shastry, M. Ravindran, M. Srikanth, and N. Lakshmikhanth, Survey on various gesture recognition techniques for interfacing machines based on ambient intelligence, *Intl. Jour. of Computer Science and Engineering Survey*, 2010, vol. 1, pp. 31-42.

[5] A. Chaudhary, J. L. Raheja, K. Das, and S. Raheja, Intelligent approaches to interact with machines using hand gesture recognition in natural way, *International Journal of Computer Science and Engineering Survey*, 2011, vol. 2, no. 1, pp. 122-133.

[6] Xiaoyan Wang, Ming Xia, Huiwen Cai, Yong Gao, and Carlo Cattani, Hidden-Markov-Models-Based Dynamic Hand Gesture Recognition, *Mathematical Problems in Engineering*, 2012.

[7] Zhu C., Weihua Sheng, Online hand gesture recognition using neural network based segmentation, *Intelligent Robots and Systems*, 2009, pp. 2415-2420.

[8] K. Murphy. Dynamic Bayesian Network: Representation, Inference and Learning. PhD thesis, University of California, Berkeley, 2002.

[9] G. Simion, V. Gui, and M. Otesteanu, Vision Based Hand Gesture Recognition: A Review, *International journal of circuits , systems and signal processing*, 2012, pp. 275-282.

[10] Jignasha B. Panchal, Karshan P. Kandoriya, Survey on Hand Gesture Recognition Methods, *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 2014, pp. 271-278.

Широкопояс Наталья Юрьевна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: natasha_shirokopoyas@mail.ru.

Белов Юрий Сергеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ybs82@mail.ru.

N.Yu. Shirokopoyas, Yu.S. Belov

A REVIEW OF HANDS GESTURES RECOGNITION MODELS

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Kaluga, 248000, Russia

Direct use of hand as an input device is an attractive method for providing natural HCI. That is way hand gesture recognition system is payed a great attention in recent years. Many researchers are devoted in this field. The applications of gesture recognition are various, ranging from sign language through medical rehabilitation to virtual reality. There are two main approaches to hand gestures recognition. The first one uses sensors and the second one uses video camera as an input device. In this paper, firstly the definition of hand gesture and gesture classification is discussed briefly. We focus our attention to the most popular model of vision-based recognition of hand gestures such as Hidden Markov Model, neuron networks, Viola-Jones method and Bayesian networks. This paper provides an overview of disadvantages of these models. Existing challenges and future research possibilities are also highlighted.

Key words: *hand gestures recognition, human computer interaction, view based approach, HMM, HCI, neuron networks*

REFERENCES

[1] Lalit Gupta and Suwei Ma, Gesture-Based Interaction and Communication: Automated Classification of Hand Gesture Contours, *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics- part c: applications and reviews*, 2001, vol. 31, pp. 114-120.

[2] Shigeo Abe, Support Vector Machines for Pattern Classification, second edition, *Kobe University ,Graduate School of Engineering, 2nd edition, Springer-Verlag London Limited*, 2010, pp. 39-43.

[3] Starner T., Weaver J., and Pentland A. Real-Time American SignLanguage Recognition Using Desk and Wearable Computer Based Vide, *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1998, Vol.20, №12, pp.1371-1375.

[4] C. Harshith, K. R. Shastry, M. Ravindran, M. Srikanth, and N. Lakshmikhanth, Survey on various gesture recognition techniques for interfacing machines based on ambient intelligence, *Intl. Jour. of Computer Science and Engineering Survey*, 2010, vol. 1, pp. 31-42.

[5] A. Chaudhary, J. L. Raheja, K. Das, and S. Raheja, Intelligent approaches to interact with machines using hand gesture recognition in natural way, *International Journal of Computer Science and Engineering Survey*, 2011, vol. 2, no. 1, pp. 122-133.

[6] Xiaoyan Wang, Ming Xia, Huiwen Cai, Yong Gao, and Carlo Cattani, Hidden-Markov-Models-Based Dynamic Hand Gesture Recognition, *Mathematical Problems in Engineering*, 2012.

[7] Zhu C., Weihua Sheng, Online hand gesture recognition using neural network based segmentation, *Intelligent Robots and Systems*, 2009, pp. 2415-2420.

[8] K. Murphy. Dynamic Bayesian Network: Representation, Inference and Learning. PhD thesis, University of California, Berkeley, 2002.

[9] G. Simion, V. Gui, and M. Otesteanu, Vision Based Hand Gesture Recognition: A Review, *International journal of circuits , systems and signal processing*, 2012, pp. 275-282.

[10] Jignasha B. Panchal, Karshan P. Kandoriya, Survey on Hand Gesture Recognition Methods, *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 2014, pp. 271-278.

Shirokopoyas N. Yu. - student; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: natasha_shirokopoyas@mail.ru.

Belov Yuri Sergeyevich - Ph. D., Assoc. Professor of the Department of software, information technologies and applied mathematics; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: ybs82@mail.ru.

УДК 004.75

А.А. Штибен, Ю.С. Белов

ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

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

В данной работе рассмотрены одни из основных технологий организации распределенных вычислительных систем. Обозначена основная идея концепции GRID-вычислений. Дано определение виртуальных организаций. Выделены основные проблемы, которые решают GRID-системы при организации масштабируемых виртуальных организаций. Представлены подходы к распределенной обработке информации в вычислительных сетях и организации распределенных приложений. Отмечены уровни архитектуры GRID-систем. Рассмотрен метод вызова удаленных процедур, подробно представлен и разобран алгоритм RPC. Представлены основы технологии одноранговых сетей. Выделены основные задачи, которые решает P2P, такие как: уменьшение/распределение затрат, объединение ресурсов, повышенная масштабируемость и анонимность. Рассмотрена технология и архитектура построения систем облачных вычислений. Взаимодействие с облачными системами представлено с разных точек зрения: конечного пользователя, корпоративного потребителя, разработчика.

***Ключевые слова**: распределенные вычислительные системы, GRID, P2P, удаленный вызов процедур, облачные вычисления*

Введение. Область распределенных вычислительных систем в настоящее время характеризуется быстрыми темпами изменения идеологий и подходов. За короткую историю существования систем такого типа появилось множество различных парадигм реализации распределенных вычислений, набравших большой вес и общее признание, но практически исчезнувших впоследствии под давлением более новых и модных подходов. Однако когда технология исчезает из виду, очень часто она появляется вновь под новым именем. В результате происходит непрерывное перемешивание базовых концепций с новейшими подходами к разработке. В середине 1990-х существовало два основных подхода к разработке распределенных вычислительных систем. С одной стороны, концепция Веб представляла собой ориентированное на человека распределенное информационное пространство. С другой стороны, технологии распределенных объектов, такие как CORBA и DCOM были в первую очередь ориентированы

на создание распределенных сред, которые эмулировали процесс разработки и исполнения локальных приложений, обеспечивая преимущества доступа к сетевым ресурсам. Но, несмотря на первоначальную идею Веб как пространства, которое позволяло многим людям обмениваться информацией, большинство пользователей просто потребляли информацию, не публикуя ничего взамен. Между тем системы распределенных объектов росли с точки зрения предоставляемых возможностей, но становились все более тяжелыми в плане разработки и использования. Сразу после начала нового тысячелетия произошел взрыв развития новых методов и промежуточного программного обеспечения для распределенных вычислительных систем, включая технологии одноранговых сетей (peer-to-peer или P2P) и грид-технологии. Применение P2P позволило множеству пользователей, которые раньше были простыми потребителями информации, поучаствовать в предоставлении контента. С другой стороны, применение технологии грид позволило интегрировать крупные комплексы обработки и хранения данных, обеспечивая их доступность для различных правительственных и научных пользователей. Концепция грид-вычислений была ориентирована на построение инфраструктуры, обеспечивающей «вычисления по требованию», аналогично тому, как мы сейчас получаем доступ к коммунальным услугам, например, к электричеству. [1-2]

В то же время, бизнес-сообщество занялось разработкой следующего поколения спецификаций, призванных решить проблемы ранних стандартов распределенных объектных технологий посредством Веб-сервисов и сервис ориентированной архитектуры. Слияние бизнес подхода к предоставлению вычислительных ресурсов в виде сервисов и концепции грид-вычислений привело к появлению в конце 2010-х новой концепции получившей название Облачных вычислений.

Технологии Грид. Термин «грид» был введен в обращение Яном Фостером в начале 1998 года публикацией книги «Грид. Новая инфраструктура вычислений»: Грид – это система, которая координирует распределенные ресурсы посредством стандартных, открытых, универсальных протоколов и интерфейсов для обеспечения нетривиального качества обслуживания (QoS – Quality of Service). Хотя в последнее десятилетие базовая идея грид не претерпела существенных изменений, всеобъемлющего определения грид не существует до сих пор.

Основной идеей, заложенной в концепции грид-вычислений, является централизованное удаленное предоставление ресурсов, необходимых для решения различного рода вычислительных задач. Мы можем запустить любую задачу с любого компьютера или мобильного устройства на вычисление, ресурсы же для этого вычисления должны быть автоматически предоставлены на удаленных высокопроизводительных серверах, независимо от типа нашей задачи. С более практической точки зрения, основная задача, лежащая в основе концепции грид, это согласованное распределение

ресурсов и решение задач в условиях динамических, многопрофильных виртуальных организаций. Распределение ресурсов, в котором заинтересованы разработчики грид, это не обмен файлами, а прямой доступ к компьютерам, программному обеспечению, данным и другим ресурсам, которые требуются для совместного решения задач и стратегий управления ресурсами, возникающих в промышленности, науке и технике. Виртуальной организацией (ВО) называют ряд отдельных людей или учреждений, объединенных едиными правилами коллективного доступа к распределенным вычислительным ресурсам. Для организации работы в рамках таких ВО возникает необходимость в следующем:

1. В гибких механизмах разделения ресурсов, начиная от клиент-серверных заканчивая одноранговыми;
2. В развитой системе контроля используемых ресурсов, включая контроль над мелкомодульными и другими методами доступа и использование локальных и глобальных подходов;
3. В распределенном доступе к различным ресурсам, начиная от программ, файлов и данных заканчивая компьютерами, сенсорами и сетями;
4. В различных моделях использования ресурсов (от однопользовательских до многопользовательских, от высокопроизводительных до мало затратных) и, следовательно, включающих регулирование качества предоставляемого обслуживания, планирование, перераспределение и ведение учета ресурсов.

Анализ альтернативных технологий построения распределенных вычислительных систем показал, что их применение не позволяет в полной мере достичь исполнения всех требований, указанных выше. В соответствии с этим была предложена альтернативная архитектура грид.[3] Исследования и разработки в сообществе грид привели к разработке протоколов, сервисов и инструментария, направленного именно на те проблемы, которые возникают при попытке создания масштабируемых ВО. Эти технологии включают в себя:

1. Решения по безопасности, поддерживающие управление сертификацией и политиками безопасности, когда вычисления производятся несколькими организациями;
2. Протоколы управления ресурсами и сервисами, поддерживающие безопасный удаленный доступ к вычислительным ресурсам и ресурсам данных, а также перераспределение различных ресурсов;
3. Протоколы запроса информации и сервисы, обеспечивающие настройку и мониторинг состояния ресурсов, организаций и сервисов;
4. Сервисы обработки данных, обеспечивающие поиск и передачу наборов данных между системами хранения данных и приложениями.

Выделяют следующие уровни архитектуры грид:

1. Базовый уровень (Fabric) – содержит различные ресурсы, такие как компьютеры, устройства хранения, сети, сенсоры и др.

2. Связывающий уровень (Connectivity) – определяет коммуникационные протоколы и протоколы аутентификации.

3. Ресурсный уровень (Resource) – реализует протоколы взаимодействия с ресурсами РВС и их управления

4. Коллективный уровень (Collective) – управление каталогами ресурсов, диагностика, мониторинг;

5. Прикладной уровень (Applications) – инструментарий для работы с грид и пользовательские приложения.

Вызов удаленных процедур. Идея вызова удаленных процедур (Remote Procedure Call – RPC) состоит в расширении хорошо известного и понятного механизма передачи управления и данных внутри программы, выполняющейся на одной машине, на передачу управления и данных через сеть. Средства вызова удаленных процедур предназначены для облегчения организации распределенных вычислений. Наибольшая эффективность использования RPC достигается в тех приложениях, в которых существует интерактивная связь между удаленными компонентами с небольшим временем ответов и относительно малым количеством передаваемых данных. Такие приложения называются RPC-ориентированными.

Идея, положенная в основу RPC, состоит в том, чтобы сделать вызов удаленной процедуры выглядящим по возможности так же, как и вызов локальной процедуры. Другими словами – вызывающей процедуре не требуется знать, что вызываемая процедура находится на другой машине, и наоборот.

RPC достигает прозрачности следующим путем. Когда вызываемая процедура действительно является удаленной, в библиотеку помещается вместо локальной процедуры другая версия процедуры, называемая клиентским стабом (англ. stub – заглушка). Подобно оригинальной процедуре, стаб вызывается с использованием вызывающей последовательности, так же происходит прерывание при обращении к ядру. Только в отличие от оригинальной процедуры он не помещает параметры в регистры и не запрашивает у ядра данные, вместо этого он формирует сообщение для отправки ядру удаленной машины.

После того, как клиентский стаб был вызван программой-клиентом, его первой задачей является заполнение буфера отправляемым сообщением. В некоторых системах клиентский стаб имеет единственный буфер фиксированной длины, заполняемый каждый раз с самого начала при поступлении каждого нового запроса. В других системах буфер сообщения представляет собой пул буферов для отдельных полей сообщения, причем некоторые из этих буферов уже заполнены. Этот метод особенно подходит для тех случаев, когда пакет имеет формат, состоящий из большого числа полей, но значения многих из этих полей не меняются от вызова к вызову.[4-5]

Затем параметры должны быть преобразованы в соответствующий формат и вставлены в буфер сообщения. К этому моменту сообщение готово к передаче, поэтому выполняется прерывание по вызову ядра.

Когда ядро получает управление, оно переключает контексты, сохраняет регистры процессора и карту памяти (дескрипторы страниц), устанавливает новую карту памяти, которая будет использоваться для работы в режиме ядра. Поскольку контексты ядра и пользователя различаются, ядро должно скопировать сообщение в свое собственное адресное пространство, запомнить адрес назначения, после чего передать его сетевому интерфейсу. На этом завершается работа на клиентской стороне. Включается таймер передачи, и ядро может либо выполнять циклический опрос наличия ответа, либо передать управление планировщику, который выберет какой-либо другой процесс на выполнение. В первом случае ускоряется выполнение запроса, но отсутствует мультипрограммирование. На стороне сервера поступающие биты помещаются принимающей аппаратурой либо во встроенный буфер, либо в оперативную память. Когда вся информация будет получена, генерируется прерывание. Обработчик прерывания проверяет правильность данных пакета и определяет, какому стабу следует их передать. Если ни один из стабов не ожидает этот пакет, обработчик должен либо поместить его в буфер, либо вообще отказаться от него. Если имеется ожидающий стаб, то сообщение копируется ему. Наконец, выполняется переключение контекстов, в результате чего восстанавливаются регистры и карта памяти, принимая те значения, которые они имели в момент, когда стаб сделал вызов receive. Теперь начинает работу серверный стаб. Он распаковывает параметры и помещает их соответствующим образом в стек. По завершении работы, выполняется вызов сервера. После выполнения процедуры сервер передает результаты клиенту. Для этого выполняются все описанные выше этапы, только в обратном порядке.

Основы технологии одноранговых сетей. Технология одноранговых сетей (или P2P-сетей от анг. peer-to-peer – равный-к-равному) обеспечивает формирование РВС на базе принципа децентрализации, где разделение вычислительных ресурсов и сервисов производится напрямую посредством прямого взаимодействия между участниками сети друг с другом, без участия центрального сервера. Одноранговые вычислительные сети, в какой-то степени, являются противоположностью клиент- серверным архитектурам (таким как CORBA, RMI).

В отличие от традиционной клиент-серверной архитектуры в P2P-сетях каждый узел, входящий в вычислительную сеть, может являться как клиентом, так и сервером, предоставляя или используя ресурсы сети. [6-7]

Можно выделить следующие основные задачи, которые с легкостью решают P2P сети:

1. Уменьшение/распределение затрат. Серверы централизованных систем, которые обслуживают большое количество клиентов, обычно не-

сут на себе основной объем затрат ресурсов (денежных, вычислительных и др.) на поддержание вычислительной системы. P2P архитектура может помочь распределить эти затраты между узлами сети. Так как узлы, как правило, автономны, важно, чтобы затраты были распределены справедливо.

2. Объединение ресурсов. Каждый узел в P2P-системе обладает определенными ресурсами (вычислительные мощности, объем памяти). Приложения, которым необходимо большое количество ресурсов, например ресурсозатратные задачи моделирования или распределенные файловые системы, используют возможность объединения ресурсов всей сети для решения своей задачи. При этом важны как объем дискового пространства для хранения данных, так и пропускная способность сети.

3. Повышенная масштабируемость. Поскольку в сетях P2P отсутствует сильный центральный механизм, важной задачей является повышение масштабируемости и надежности системы. Масштабируемость определяет количество систем, которые могут быть достигнуты из одного узла, сколько систем могут функционировать одновременно, сколько пользователей может пользоваться сетью, сколько памяти может быть использовано. Надежность сети определяется такими параметрами как количество сбоев в работе сети, отношение времени простоя к общему времени работы, доступностью ресурсов и т.д. Таким образом, основной проблемой становится разработка новых алгоритмов обнаружения ресурсов, на которых базируются новые P2P платформы.

4. Анонимность. Бывает, пользователь не желает, чтобы другие пользователи или поставщики услуг знали о его нахождении в сети. При использовании центрального сервера трудно обеспечить анонимность, так как серверу, как правило, необходимо идентифицировать клиента, по крайней мере через интернет адрес. При использования P2P-сети пользователи могут избежать предоставления любой информацию о себе. FreeNet является ярким примером того, как механизмы анонимности могут быть встроены в P2P- приложения. В системе FreeNet используется схема переадресации сообщений при которой невозможно отследить первого отправителя. Также степень анонимности увеличивается за счет использования вероятностных алгоритмов.

Облачные вычисления. С одной стороны, у термина «Облачные вычисления» нет устоявшегося стандартного определения. С другой стороны множество различных корпораций, ученых и аналитиков дают собственные определения этому термину. Определение облачных вычислений вызвало дебаты и в научном сообществе. В отличие от определений, которые можно найти в коммерческих изданиях, научные определения ориентируются не только на то, что будет предоставлено пользователю, но и на архитектурные особенности предлагаемой технологии. Например, в лаборатории Беркли дают следующее определение облачных вычислений: «Облачные вычисления – это не только приложения, поставляемые в качестве ус-

луг через Интернет, но и аппаратные средства и программные системы в центрах обработки данных, которые обеспечивают предоставление этих услуг. Услуги сами по себе уже давно называют «предоставление программного обеспечения как услуги» (Software-as-a-Service или SaaS). Облаком называется аппаратное и программное обеспечение центра обработки данных. Общественное облако предоставляет ресурсы облака широкому кругу пользователей по принципу «оплата по мере использования» (pay-as-you-go – принцип предоставления услуг, при котором пользователь оплачивает только те ресурсы, которые были по факту затрачены на решение поставленной задачи). Частное облако – это внутренние центры обработки данных, в коммерческой или иной организации, которые не доступны широкому кругу пользователей. Таким образом, облачные вычисления являются суммой SaaS и «коммунальных вычислений» (Utility Computing – модель вычислительных систем, в которой предоставление данных и процессорных мощностей организовано по принципам коммунальных услуг). Люди могут быть пользователями или провайдерами SaaS, либо пользователями или поставщиками коммунальных вычислений».[8]

Облачные вычисления ориентированы на предоставление информационных ресурсов на трех уровнях: уровне инфраструктур (IaaS), уровне платформ (PaaS) и уровне программного обеспечения (SaaS). Предоставляя интерфейсы ко всем трем различным уровням, облака взаимодействуют с тремя различными типами потребителей.

Конечные пользователи, которые используют SaaS-решения через веб- браузер, или же какие-либо базовые ресурсы инфраструктурного слоя которые предоставляются посредством слоя SaaS (например, облачные ресурсы хранения посредством Dropbox.com).

Корпоративные потребители, которые могут использовать все три слоя: IaaS – для того, чтобы расширить собственную программно-аппаратную инфраструктуру или получить дополнительные вычислительные ресурсы по требованию; PaaS – для того, чтобы иметь возможность запуска собственных приложений в облаке; SaaS – для получения возможностей тех приложений, которые уже доступны в облаке. [9-10]

Разработчики и независимые поставщики программного обеспечения, разрабатывающие приложения, которые предоставляются в виде облачных SaaS-решений. Обычно, эта категория пользователей напрямую взаимодействует со слоем PaaS, и уже через него, опосредованно, со слоем IaaS.

С точки зрения пользователя, основное достоинство облачных вычислений – это модель оплаты ресурсов по мере их использования. Отсутствует необходимость предварительных инвестиций в инфраструктуру: нет необходимости инвестиций в лицензионное ПО, отсутствует необходимость инвестиции в аппаратную инфраструктуру и связанные с этим затраты на обслуживание и персонал. Таким образом, капитальные затраты превращаются в текущие расходы. Покупатели облачных сервисов используют

только тот объем информационных ресурсов, который им на самом деле необходим, и оплачивают только тот объем информационных ресурсов, которыми они реально воспользовались. В то же время, они пользуются такими достоинствами облачных вычислений как масштабируемость и гибкость. Облачные вычисления позволяет легко и быстро предоставить необходимые вычислительные ресурсы по требованию.

Заключение. Т.к. концепции грид-вычислений и концепции облачных вычислений во многом схожи, это повлекло за собой множество дискуссий, как в коммерческой, так и в научной среде. Основной вопрос этих дискуссий заключался в следующем: чем облачные и грид вычисления отличаются друг от друга?

С точки зрения пользователя, разница между облачными вычислениями и грид вычислениями будет состоять в следующем:

- Облачные платформы фокусируются на подходе «всё как сервис». Грид вычисления фокусируются на промежуточном программном обеспечении, которое предоставляется в виде открытых исходных кодов или же в виде готовых пакетов. При этом коммунальные вычисления являются всего лишь одной из форм предоставления грид. По сравнению с этим, облачные вычисления фокусируются исключительно на платном предоставлении информационных ресурсов конечному пользователю. При этом промежуточное программное обеспечение, которое позволило бы обеспечить разработку собственного облака, пока не очень распространено.
- Грид и облачные вычисления фокусируются на различные типы вычислений. Изначально, грид вычисления были ориентированы на решение научных задач посредством суперкомпьютерных систем. В настоящее время грид применяется для научно-исследовательских задач, решение которых требует объединение нескольких суперкомпьютерных платформ. С другой стороны, облачные вычисления ориентированы не на решение отдельных задач, а на перманентное предоставление определенных сервисов конечным пользователям. Они обеспечивают динамическое распределение физических ресурсов для удовлетворения переменной загрузки таких сервисов.

На сегодняшний день предложено большое количество алгоритмов планирования, ориентированных на использование в распределенных вычислительных средах. Некоторые из этих алгоритмов производят планирование с учетом потоков работ в сложных приложениях. Однако часто алгоритмы не учитываются проблемно-ориентированную специфику, что может существенно повысить эффективность планирования. В связи с этим, перспективным являются направления, связанные с разработкой алгоритмов планирования ресурсов в проблемно-ориентированных средах, которые позволяют создать эффективную и действенную систему планирования ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. *Distributed computing*. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Distributed_computing (дата обращения 26.01.2015).

[2]. Радченко Г.И. Модели и методы профилирования и оценки времени выполнения потоков работ в суперкомпьютерных системах. *Вычислительные методы и программирование: Новые вычислительные технологии.* 2013, т.14 (4), с. 96-103

[3]. Grasso I., Pellegrini S., Cosenza B. A uniform approach for programming distributed heterogeneous computing systems. *Journal of Parallel and Distributed Computing*. 2014, vol. 74 (12), pp. 3228-3239.

[4]. *Remote procedure call (RPC).*

URL: http://www.cs.vu.nl/~ast/books/ds1/02.pdf (дата обращения 01.02.2015).

[5]. Kishori M., Sanguthevar R., Shvartsman A. Robust network supercomputing with unreliable workers. *Journal of Parallel and Distributed Computing*. 2015, vol. 75, pp. 67-80.

[6]. *Peer-to-peer*. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Peer-to-peer (дата обращения 27.01.2015).

[7]. Nghiem Th., Maulana K., Nguyen K. Peer-to-peer bichromatic reverse neighbours in mobile ad-hoc networks. *Journal of Parallel and Distributed Computing*. 2014, vol. 74 (11), pp. 3128-3140.

[8]. Kaniz F., Emeakaroha V., Healy Ph. A survey of Cloud monitoring tools: Taxonomy, capabilities and objectives. *Journal of Parallel and Distributed Computing*. 2014, vol. 74 (10), pp. 2918-2933.

[9]. Savchenko D. Mjolnirr: private PaaS as distributed computing evolution. *MIPRO 2014: Proceedings of the 37th International Convention. IEEE Computer Society*, 2014, pp. 386-391

[10].Marshall P. Improving Utilization of Infrastructure Clouds. Cluster, Cloud and Grid Copmputing (CCGrid 2011): Proceedings of the IEEE. *ACM International Symposium*, 2011, pp. 205-214

Штибен Александр Андреевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: alexshtiben.it@gmail.com.

Белов Юрий Сергеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ybs82@mail.ru.

A.A. Shtiben, Yu.S. Belov

OVERVIEW TECHNOLOGYS OF DISTRIBUTED COMPUTING

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Kaluga, 248000, Russia

This paper discusses some of the key technologies of distributed computing systems. Outlined the main idea of the concept GRID-computing. The definition of virtual organizations. The main problems that solve GRID-system in the organization of scalable virtual organizations. An approach to distributed information processing in computer networks and organization of distributed applications. Marked levels of GRID-systems architecture. The method of the remote procedure call detail presented and analyzed algorithm RPC. Presents the fundamentals of technology-peer networks. The basic problem to be solved by P2P, such as: reduction / cost sharing, pooling of resources, improved scalability and anonymity. The technology and construction of systems architecture of cloud computing. Interaction with cloud systems is presented from different points of view: the end-user, corporate consumer, developer.

Key words: *distributed computing system, GRID, P2P, remote procedure call, cloud computing.*

REFERENCES

[1]. *Distributed computing*. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Distributed_computing (date of manipulation 26.01.2015).

[2]. Radchenko G.I. Modeli I metodi profilirovaniya I otsenki vremeni vypolneniya potokov rabot v superkompyuternykh sistemakh. *Vychislitelnyye mitody I programmirovaniye: Novyye vychislitelnyye tekhnologii.* 2013, т.14 (4), с. 96-103

[3]. Grasso I., Pellegrini S., Cosenza B. A uniform approach for programming distributed heterogeneous computing systems. *Journal of Parallel and Distributed Computing.* 2014, vol. 74 (12), pp. 3228-3239.

[4]. Remote procedure call (RPC).

URL: http://www.cs.vu.nl/~ast/books/ds1/02.pdf (date of manipulation 01.02.2015).

[5]. Kishori M., Sanguthevar R., Shvartsman A. Robust network supercomputing with unreliable workers. *Journal of Parallel and Distributed Computing.* 2015, vol. 75, pp. 67-80.

[6]. *Peer-to-peer*. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Peer-to-peer (date of manipulation 27.01.2015).

[7]. Nghiem Th., Maulana K., Nguyen K. Peer-to-peer bichromatic reverse neighbours in mobile ad-hoc networks. *Journal of Parallel and Distributed Computing.* 2014, vol. 74 (11), pp. 3128-3140.

[8]. Kaniz F., Emeakaroha V., Healy Ph. A survey of Cloud monitoring tools: Taxonomy, capabilities and objectives. *Journal of Parallel and Distributed Computing.* 2014, vol. 74 (10), pp. 2918-2933.

[9]. Savchenko D. Mjolnirr: private PaaS as distributed computing evolution. *MIPRO 2014: Proceedings of the 37th International Convention. IEEE Computer Society*, 2014, pp. 386-391

[10]. Marshall P. Improving Utilization of Infrastructure Clouds. Cluster, Cloud and Grid Copmputing (CCGrid 2011): Proceedings of the IEEE. *ACM International Symposium*, 2011, pp. 205-214

Shtiben A.A. - student of the Bauman Moscow State Technical University (the Kaluga Branch). E-mail: alexshtiben.it@gmail.com.

Belov Yuri Sergeyevich - Ph. D., Assoc. Professor of the Department of software, information technologies and applied mathematics; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: ybs82@mail.ru.

УДК 004.021

В.В. Стышнев, Ю.С. Белов

ОСНОВЫ КРИПТОГРАФИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

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

Представлен обзор существующих типов шифрующих систем. Описаны функции криптографических систем и совокупности методов преобразования информации, предназначенных на защиту данных от злоумышленников. Подготовлена обширная классификация требований к средствам защиты информации и средствам преобразования информации. Рассмотрены основные требования к системам криптографии и длинам ключей, позволяющим достичь определенного уровня безопасности и применяющихся для однозначного шифрования и дешифрования сообщений. Приведены примеры уже существующих криптографических алгоритмов и схем, решающих задачу преобразования информации в умеренные сроки и с приемлемым уровнем защиты. Описана классификация шифрующих алгоритмов с индивидуальными особенностями реализации. Сделан вывод о целесообразности и адекватности использования криптографических систем для защиты информации.

***Ключевые слова**: защита информации, шифротекст, симметричное шифрование, ассиметричное шифрование, ключ шифрования.*

Введение. Средства и системы криптографической защиты информации играют важную роль в современных компьютерных информационных системах, используемых в сфере финансовой и коммерческой деятельности. Интерес к ним обусловлен не только возрастающими общественными потребностями в переводе экономических и государственно-правовых отношений на «электронную основу», но и сильно расширившимися возможностями передачи, обработки и хранения информации в распределенных вычислительных системах.

Все вышеперечисленные факторы описывают следующие требования в защите объектов информации:

Конфиденциальность данных. Предполагает их доступность только для тех лиц, которые имеют на это соответствующие полномочия. Под обеспечением конфиденциальности информации понимается создание таких условий, при которых понять содержание передаваемых данных может только законный получатель, кому и предназначена данная информация;

Целостность информации. Предполагает ее неизменность в процессе передачи от отправителя к получателю. Под обеспечением целостности информации понимается достижение идентичности отправляемых и принимаемых данных;

Подлинность информации. Предполагает соответствие этой информации ее описанию и содержанию, в частности соответствие действительным характеристикам: отправителя, времени отправления и содержания. Обеспечение подлинности информации, реализуемое на основе аутентификации, состоит в достоверном установлении отправителя, а также защите информации от изменения при ее передаче от отправителя к получателю.

Функции криптографии. Криптография является методологической основой современных систем обеспечения безопасности информации в компьютерных системах и сетях. Исторически криптография (в переводе с греческого этот термин означает «тайнопись») зародилась как способ скрытой передачи сообщений. Криптография представляет собой совокупность методов преобразования данных, направленных на то, чтобы защитить эти данные, сделав их бесполезными для незаконных пользователей. Такие преобразования обеспечивают решение трех главных проблем защиты данных: гарантию конфиденциальности, целостности и подлинности передаваемых или сохраняемых данных. Для обеспечения безопасности данных необходимо поддерживать три основные функции:

− защиту конфиденциальности передаваемых или хранимых в памяти данных;

− подтверждение целостности и подлинности данных;

− аутентификацию абонентов при входе в систему и при установлении соединения.

Для реализации указанных функций используются криптографические технологии шифрования, цифровой подписи и аутентификации. Конфиденциальность обеспечивается с помощью алгоритмов и методов симметричного и асимметричного шифрования, а также путем взаимной аутентификации абонентов на основе многоразовых и одноразовых паролей, цифровых сертификатов, смарт-карт и т.п. Целостность и подлинность передаваемых данных обычно достигается с помощью различных вариантов технологии электронной подписи, основанных на односторонних функциях и асимметричных методах шифрования. Аутентификация разрешает устанавливать соединения только между легальными пользователями и предотвращает доступ к средствам сети нежелательных лиц. Абонентам, доказавшим свою легальность (аутентичность), предоставляются разрешенные виды сетевого обслуживания. Основой большинства криптографических средств защиты информации является шифрование данных. Под шифром понимают совокупность процедур и правил криптографических преобразований, используемых для зашифровывания и дешифрования информации по ключу шифрования. Под зашифровыванием информации понимается процесс преобразования открытой информации (исходного текста) в зашифрованный текст (шифротекст). Процесс восстановления исходного текста по криптограмме с использованием ключа

дешифрования называют дешифрованием (расшифровыванием). Алгоритмы шифрования/дешифрования обычно не являются секретными и публикуются открыто или почти открыто в специальной литературе. Основную нагрузку по защите информации методами шифрования несут ключи. Администрирование ключей призвано придать им необходимые свойства и обеспечить нормальное функционирование на всех стадиях жизни (использования) ключей. Стадиями жизни ключей являются:

− генерация или формирование;
− распределение;
− верификация и аутентификация;
− хранение;
− использование;
− модификация;
− ликвидация или утилизация.

Требования к криптографическим системам. Для обеспечения необходимого уровня защиты информации в информационных системах, к алгоритмам шифрования и системе ключей предъявляются определенные требования:

криптограмма (шифротекст) должна дешифроваться только при наличии ключа;

число операций, необходимое для вскрытия ключа по открытому тексту и соответствующей ему криптограмме, должно быть не меньше числа всех возможных ключей;

знание алгоритма шифрования не должно упрощать процедуры дешифрования, выполняемого с целью вскрытия ключей и дешифрования криптограмм;

незначительное изменение ключа, с использованием которого шифруется открытый текст, должно приводить к существенному изменению соответствующей криптограммы;

незначительное изменение открытого текста при неизменном ключе должно приводить к существенному изменению соответствующей криптограммы;

структура алгоритма шифрования должна быть постоянной;

в процессе шифрования должен быть предусмотрен контроль за шифруемым открытым текстом и ключом;

длина криптограммы должна быть равна длине открытого текста;

сложность вскрытия ключа, используемого для шифрования очередного открытого текста, по последовательности ключей, использованных для шифрования предшествующих текстов, должна быть сопоставимой со сложностью вскрытия ключа по открытому тексту и соответствующей ему криптограмме;

множество всех возможных ключей должно быть однородным и не должно содержать «слабых» ключей, применительно к которым процедуры криптоанализа относительно более просты и эффективны;

криптограмма должна быть однородной, то есть не должна делиться на фрагменты (символы, биты), одни из которых априори (умозрительно или интуитивно) известны как относящиеся к открытому тексту, а другие – как включенные в шифротекст в процессе шифрования;

алгоритм шифрования должен допускать как программную, так и аппаратную реализацию;

изменение длины ключа не должны ухудшать характеристики алгоритма шифрования.

Алгоритм шифрования, удовлетворяющий перечисленным требованиям, считается криптостойким и пригодным для использования для защиты информации в информационных системах.

Обобщенная схема криптосистемы шифрования приведена на рис. 1. Исходный текст передаваемого сообщения (или хранимой информации) M зашифровывается с помощью криптографического преобразования E_{k1} с получением в результате шифротекста C:

$$C = E_{k1}(M), (1)$$

где k1 — параметр функции E, называемый ключом шифрования.

Шифротекст C, называемый еще криптограммой, содержит исходную информацию M в полном объеме, однако последовательность знаков в нем внешне представляется случайной и не позволяет восстановить исходную информацию без знания ключа шифрования k1.

Ключ шифрования является тем элементом, с помощью которого можно варьировать результат криптографического преобразования. Ключ может принадлежать конкретному пользователю или группе пользователей и являться для них уникальным. Обычно ключ шифрования представляет собой файл или массив данных и хранится на персональном ключевом носителе, например дискете или смарт-карте. Зашифрованная с использованием конкретного ключа информация может быть расшифрована только его владельцем (или владельцами).

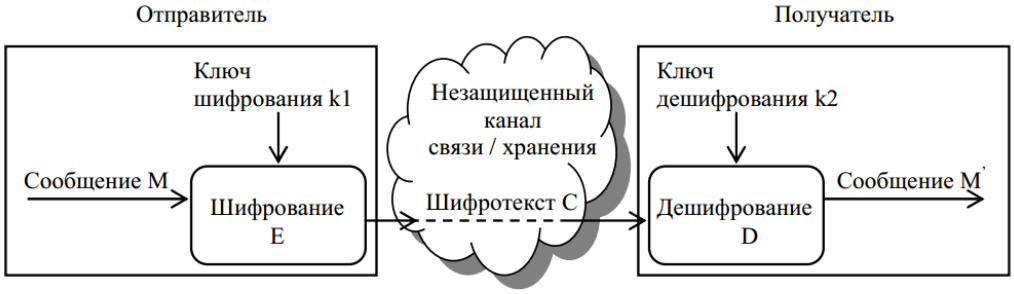


Рис. 1. Обобщенная схема криптосистемы шифрования

Обратное преобразование имеет следующий вид:

$$M' = D_{k2}(C) \ (2)$$

Функция D является обратной к функции E и производит дешифрование шифротекста. Она также имеет дополнительный параметр в виде ключа k2. Ключ дешифрования k2 должен однозначно соответствовать ключу

k1, в этом случае полученное в результате дешифрования сообщение M' будет эквивалентно M. При отсутствии верного ключа k2 получить исходное сообщение M' = M с помощью функции D невозможно.

Преобразование шифрования может быть симметричным или асимметричным относительно преобразования дешифрования. Соответственно, различают два основных класса криптосистем:

1) симметричные криптосистемы;

2) асимметричные криптосистемы.

Методы защиты информации. Известно несколько классификаций криптографических алгоритмов (КА). Одна из них подразделяет КА в зависимости от числа ключей, применяемых в конкретном алгоритме:

1) бесключевые КА – не используют в вычислениях никаких ключей;

2) одноключевые КА – работают с одним ключевым параметром (секретным ключом);

3) двухключевые КА – на различных стадиях работы в них применяются два ключевых параметра: секретный и открытый ключи. Более детальная классификация приведена на рис. 2.

Хэширование – это метод криптозащиты, представляющий собой контрольное преобразование информации: из данных неограниченного размера путем выполнения криптографических преобразований вычисляется хэш-значение (хэш-функция) фиксированной длины, однозначно соответствующее исходным данным. Хэширование может выполняться как с использованием некоторого секретного ключа, так и без него. Такое криптографическое контрольное суммирование широко используется в различных методах защиты информации, в частности, для подтверждения целостности данных, если использование электронной подписи невозможно (например, из-за большой ресурсоемкости) или избыточно. Кроме того, данный метод применяется в схемах электронной подписи («подписывается» обычно хэш-значение данных, а не все данные целиком), а также в схемах аутентификации пользователей (при проверке, действительно ли пользователь является тем, за кого себя выдает).

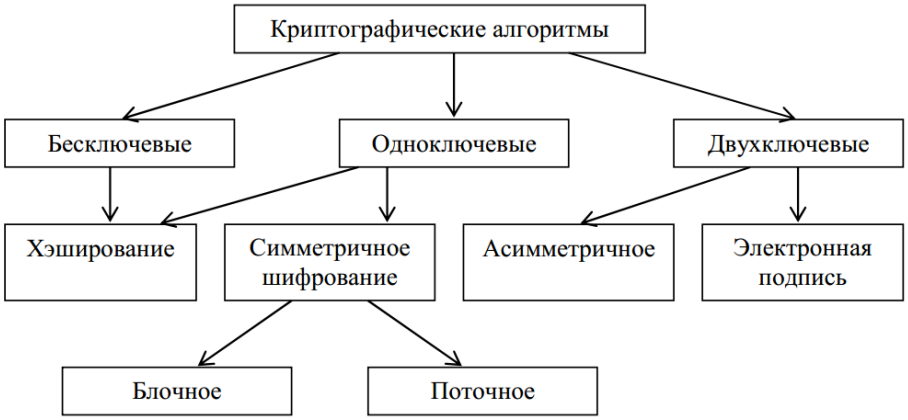


Рис. 2. Классификация криптографических алгоритмов защиты информации

Симметричное шифрование использует один и тот же ключ как для зашифровывания, так и для дешифрования информации. Фактически оба ключа (шифрования и дешифрования) могут и различаться, но если в каком-либо КА их легко вычислить один из другого, такой алгоритм однозначно относится к симметричному шифрованию.

Симметричное шифрование подразделяется на два вида: блочное и поточное, хотя стоит сразу отметить, что в некоторых классификациях они не разделяются и считается, что поточное шифрование - это шифрование блоков единичной длины.

Блочное шифрование характеризуется тем, что информация предварительно разбивается на блоки фиксированной длины (например, 64 или 128 бит). При этом в различных КА или даже в разных режимах работы одного и того же алгоритма блоки могут шифроваться как независимо друг от друга, так и «со сцеплением» - когда результат шифрования текущего блока данных зависит от значения предыдущего блока или от результата шифрования предыдущего блока.

Поточное шифрование применяется прежде всего тогда, когда информацию невозможно разбить на блоки, - скажем, есть некий поток данных, каждый символ которых требуется зашифровать и отправить, не дожидаясь остальных данных, достаточных для формирования блока. Алгоритмы поточного шифрования шифруют данные побитно или посимвольно.

Асимметричное шифрование характеризуется применением двух типов ключей: открытого - для шифрования информации, и секретного - для ее дешифрования. Секретный и открытый ключи связаны между собой достаточно сложным соотношением или могут быть вообще независимыми – ортогональными. Главное в этом соотношении – легкость вычисления открытого ключа из секретного и невозможность, за ограниченное время при реальных ресурсах, вычисления секретного ключа из открытого.

Электронная цифровая подпись (ЭЦП) используется для подтверждения целостности и авторства данных. Как и в случае асимметричного шифрования, в данном методе применяются двухключевые алгоритмы с таким же простым вычислением открытого ключа из секретного и практической невозможностью обратного вычисления. Однако назначение ключей ЭЦП совершенно иное. Секретный ключ применяется для вычисления ЭЦП, открытый ключ необходим для ее проверки. При соблюдении правил безопасного хранения секретного ключа никто, кроме его владельца, не в состоянии вычислить верную ЭЦП какого-либо электронного документа.

Заключение. Защита информации является одной из важнейших задач в развивающимся мире компьютерных технологий. Одним из самых эффективных средств защиты от злоумышленников или утери данных является шифрование данных. Конфиденциальность данных и их секретность напрямую зависят от криптографической стойкости алгоритмов шифрования данных.

Алгоритмы шифрования не могу обеспечить полную защиту информации от злоумышленников, но могут значительно усложнить получение

полезной информации из зашифрованных данных. На сегодняшний день алгоритмы шифрования проверяются на криптостойкость с увеличением вычислительных мощностей компьютеров и вычислительных систем.

ЛИТЕРАТУРА

[1] *Cryptography*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Cryptography (дата обращения 25.01.2015).

[2] *Information-theoretic security*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Information-theoretic_security (дата обращения 27.01.2015).

[3] Darrel Hankerson, Alfred J. Menezes, Scott Vanstone. Guide to Elliptic Curve Cryptography. *New York: Springer*, 2004, pp. 332.

[4] Mc Elice R.J. Finite Fields for Computer Scientists and Engineers. *New York: Kluwer Academic Publishers*, 1987.

[5] Menezes A.J. Elliptic Curve Public Key Cryptosystems. *Kluwer Academic Publishers*, 1993, pp. 14-30.

[6] Lim G.H., Lee P.G. More Flexible exponentiation with precomputation. *CRYPTO-94, Springer-Verlag*, 1994, pp. 95-107.

[7] Lercier R., Morain F. Counting the number of points on ellilptic curves over Finite Fields: strategies and performances. *Eurocript-95, Lecture Notes in Computer Science*, vol. 921, 1995, pp. 79-94.

[8] IEEE 1363, Standard specification for public-key cryptography, 2000.

[9] Turki F. Al-Somani. Performance Evaluation of Elliptic Curve Projective Coordinates with Parallel GF(p) Field Operations and Side-Channel Atomicity, *Journal of Computers*, vol. 5, Saudi Arabia., 2010, pp. 99-109.

[10] Иванов М.А. Криптографические методы защиты информации в компьютерных системах и сетях, *М.: Кудиц-Образ*, 2001, с. 302-368.

Стышнев Валентин Владиленович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: vstyshnev.es@gmail.com.

Белов Юрий Сергеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ybs82@mail.ru.

V.V. Styshnev, Yu.S. Belov

BASICS OF CRYPTOGRAPHIC PROTECTION OF INFORMATION

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Kaluga, 248000, Russia

Currently, there are a lot of existing ciphering systems, which are described here. Functions of cryptographic systems and combined methods of converting information designed to protect the data from intruders, are described. An extensive classification requirements for information protection and means of transforming information are prepared for discussion. The basic requirements for cryptography and key length, allows to achieve a certain level of security and is used to uniquely encrypt and decrypt messages. The examples of existing cryptographic algorithms and schemes solving the problem of information transfer in the medium term and with an acceptable level of protection are presented. The classification of ciphering algorithms with individual characteristics of implementation is described. The conclusion about the appropriateness and adequacy of cryptographic systems to protect information is presented.

Keywords*: information security, cipher-text, symmetric cryptography, asymmetric cryptography, secret key.*

REFERENCES

[1] *Cryptography*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Cryptography (date of manipulation 25.01.2015).

[2] *Information-theoretic security*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Information-theoretic_security (date of manipulation 27.01.2015).

[3] Darrel Hankerson, Alfred J. Menezes, Scott Vanstone. Guide to Elliptic Curve Cryptography. *New York: Springer*, 2004, pp. 332.

[4] Mc Elice R.J. Finite Fields for Computer Scientists and Engineers. *New York: Kluwer Academic Publishers*, 1987.

[5] Menezes A.J. Elliptic Curve Public Key Cryptosystems. *Kluwer Academic Publishers*, 1993, pp. 14-30.

[6] Lim G.H., Lee P.G. More Flexible exponentiation with precomputation. *CRYPTO-94, Springer-Verlag*, 1994, pp. 95-107.

[7] Lercier R., Morain F. Counting the number of points on ellilptic curves over Finite Fields: strategies and performances. *Eurocript-95, Lecture Notes in Computer Science*, vol. 921, 1995, pp. 79-94.

[8] IEEE 1363, Standard specification for public-key cryptography, 2000.

[9] Turki F. Al-Somani. Performance Evaluation of Elliptic Curve Projective Coordinates with Parallel GF(p) Field Operations and Side-Channel Atomicity, *Journal of Computers*, vol. 5, Saudi Arabia., 2010, pp. 99-109.

[10] Ivanov M.A. Cryptographic method of information protection in systems and subnets, *M.: Cudiz-Obraz*, 2001, pp. 302-368.

Styshnev Valentin Vladilenovich - student; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: vstyshnev.es@gmail.com.

Belov Yuri Sergeyevich - Ph. D., Assoc. Professor of the Department of software, information technologies and applied mathematics; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: ybs82@mail.ru.

УДК 004.453.5

И.В. Супрун, Д.В. Манухина

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРИЛОЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ CLICKONCE

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

Представлены основные особенности технологии ClickOnce, позволяющие создавать и настраивать самообновляющиеся приложения Windows в соответствии с требованиями. В данной статье рассматриваются особенности технологии ClickOnce, такие как установка, обновление и запуск с минимальным вмешательством со стороны пользователя приложений на компьютерных станциях, автоматическое обновление приложения, поддержка версионности и проверка издателя, наличие возможности управления доступом кода к защищенным ресурсам, определение границ зоны разрешений, необходимых для приложения, возможность выбора среди нескольких путей предоставления доступа к программе-установщику. Целью статьи является отображение основных характеристик данной технологии и особенностей для работы с ней. Рассматриваются различные варианты наполнения пакета установщика, выбор стратегии публикации ПО, возможные варианты обеспечения обновлениями пользователей. На основании проведенного изучения технологии можно определить основные преимущества данной технологии и недостатки в зависимости от требований, предъявляемых разворачиваемому программному продукту.

***Ключевые слова**: ClickOnce,* Update*, стратегия развертывания приложения, Publish Version, манифест приложения.*

В ходе разработки программного комплекса для компьютерного моделирования физических процессов одним из вопросов, стоящих перед разработчиком становится создание инсталлятора для разворачивания данного продукта на различных ПК, а так же возможность быстрого обновления ПО. Основываясь на работе [1] для создания пакета установщика была выбрана технология ClickOnce. Данная технология была выбрана по основным предоставляемым характеристикам:

Установка, обновление и запуск происходит с минимальным вмешательством со стороны пользователя.

Отсутствие влияния на другие приложения, установленные на ПК.

Автоматическое обновление приложения.

Поддержка версионности и проверка издателя.

Возможность установки программы пользователем на ПК без прав администратора.

Наличие возможности управления доступом кода к защищенным ресурсам.

Определение границ зоны разрешений, необходимых для приложения является полезным показателем безопасности по отношению к другим аналогичным инструментам для создания инсталляторов, которые требуют полного доверия при развертывании приложения.

Наличие нескольких путей предоставления доступа к программе-установщику (в том числе общий сетевой ресурс или внешний носитель).

Ограничения, заявленные в статье [1], для реализации указанного продукта не являются критичными, а в некоторых случаях даже упрощают разработку пакета установщика и разворачивание его на рабочей станции.

Одним из явных преимуществ является быстрота создания инсталлятора. При отсутствии конкретных требований для разворачивания программы на ПК, есть встроенная автоматическая функция создания пакета с заданными по умолчанию параметрами.

Если данные параметры не соответствуют заданным требованиям, технология предоставляет возможность вносить необходимые изменения и дополнения.

ClickOnce позволяет создавать и опубликовывать Windows-приложения, которые устанавливаются, обновляются и запускаются с минимальным вмешательством со стороны пользователя.

Одним из пунктов создания защищенных приложений ClickOnce является выбор зоны с полным или частичным доверием (рис. 1). Эти параметры можно варьировать в зависимости от поставленной задачи.

Настройка происходит путем указания параметров управления доступа для кода приложения [2]. Управление доступом для кода — это механизм на платформе .NET Framework, позволяющий ограничить доступ кода к защищенным ресурсам и операциям. Он позволяет включить параметр безопасности и выбрать зону доверия.

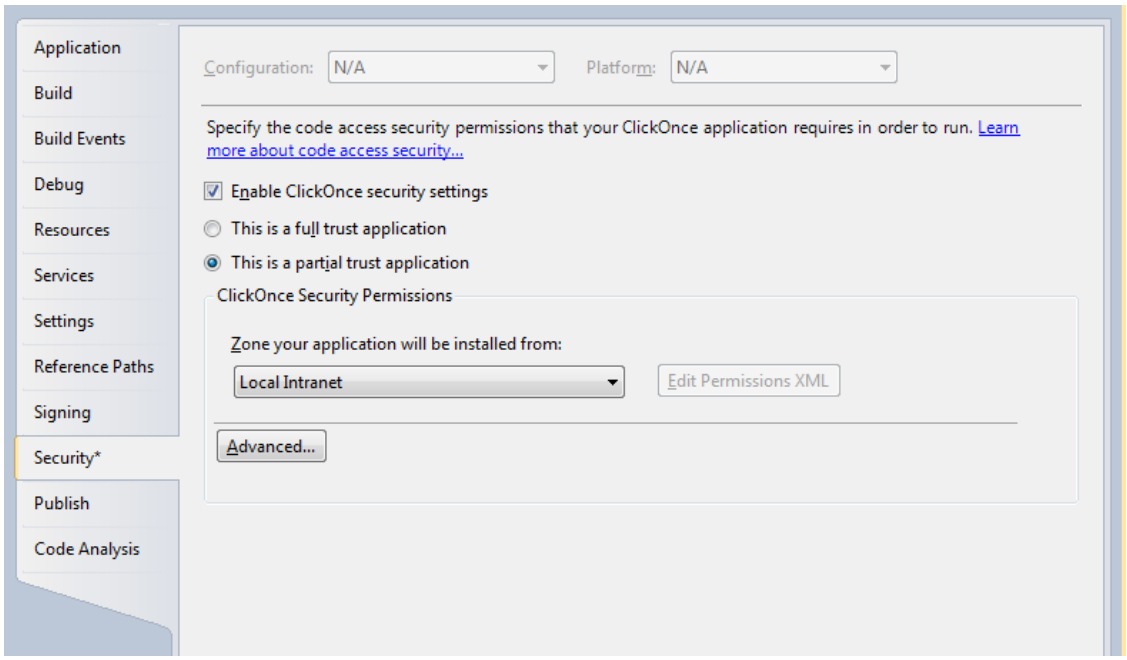


Рис. 1. Вкладка Безопасность в Свойствах проекта

Одна из особенностей технологии ClickOnce – это выбор стратегии развертывания приложения [3].

Выделяют три стратегии:

установка из Интернета или общего сетевого ресурса;

установка с компакт-диска;

запуск приложения из Интернета или общего сетевого ресурса.

ClickOnce позволяет дополнять установщик файлами, которые могут развертываться вместе с приложением. В некоторых случаях может потребоваться не публиковать определенные файлы либо устанавливать определенные файлы на основании условий.

При создании пакета установки дается возможность помечать файлы как файлы данных, как обязательные файлы, включать и исключать их, а также создавать группы файлов для условной установки [4].

При создании программного продукта для его правильной работы на ПК может потребоваться установка дополнительных компонентов. Набор необходимых компонентов, которые должны комплектоваться вместе с приложением можно выбрать в окне Prerequisites (рис. 2).

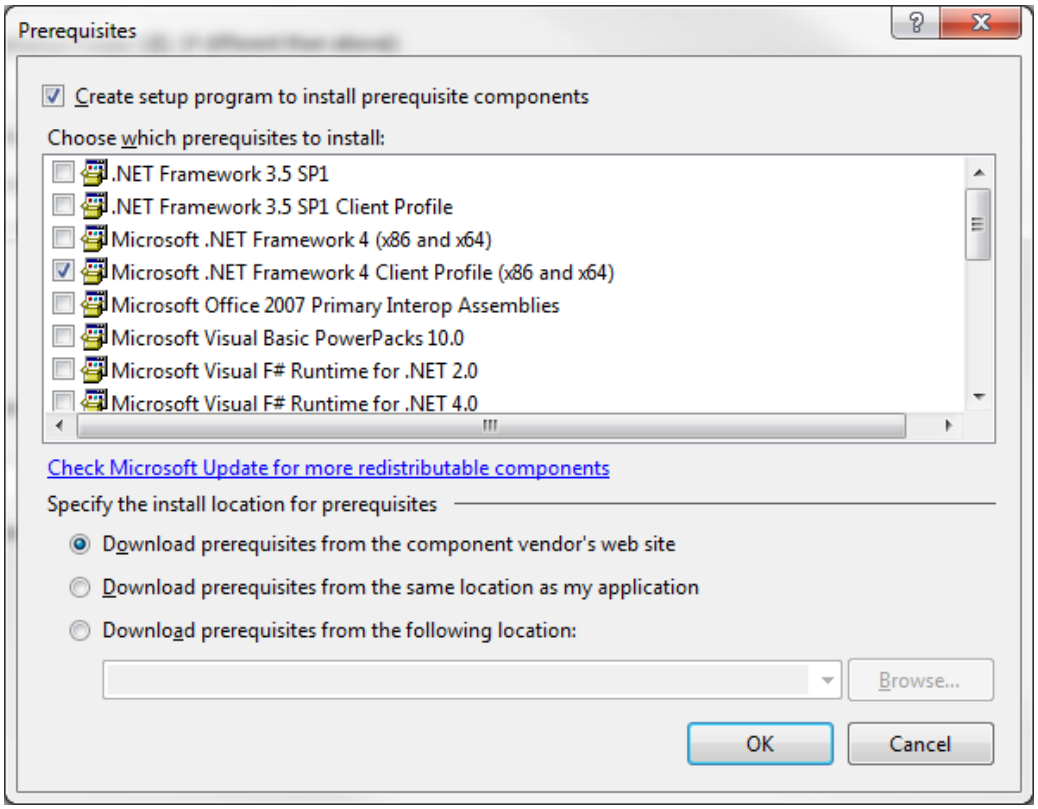


Рис. 2. Список необходимых компонентов

Вместо комплектации и публикации необходимых компонентов можно также указать место загрузки для компонентов. В дополнение к определенному заранее списку необходимых компонентов в список можно добавить свои собственные компоненты [5].

Несомненно, одним из основных требований к инсталлятору является выбор возможного алгоритма получения обновлений. Технология ClickOnce предоставляет различные пути поставки обновлений пользователю. Выбор и настройку необходимых параметров производят в окне Application Updates (рис. 3).

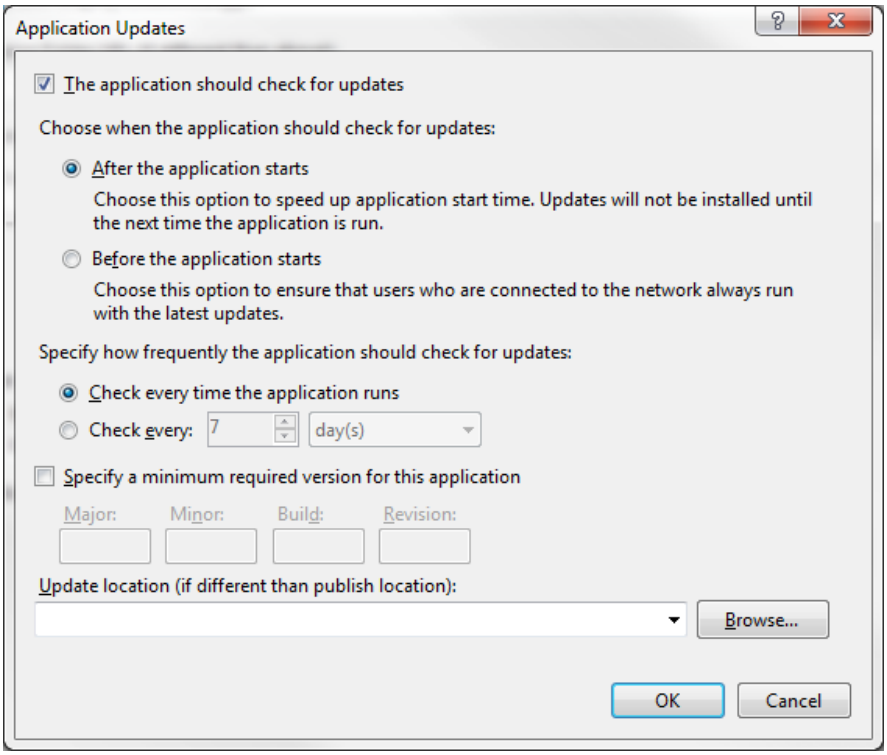


Рис. 3. Диалоговый компонент для настройки обновления ПО

Можно настроить приложение на автоматическую проверку обновлений до запуска приложения или через заданные интервалы времени после запуска приложения. Кроме того, можно указать минимальную требуемую версию. Это значит, что обновление устанавливается, если версия приложения пользователя ниже требуемой версии.

Существует три базовые стратегии, используемые приложением для проверки доступных обновлений: проверка наличия обновлений при запуске приложения, проверка наличия обновлений после запуска приложения (выполнение в фоновом потоке) или предоставление пользовательского интерфейса для обновлений.

Первая стратегия оптимальна для высокопроизводительных сетевых подключений. При использовании малопроизводительных подключений задержка в запуске приложения может быть неприемлемо большой.

Для малопроизводительных сетевых подключений и для больших приложений, которым могут потребоваться продолжительные загрузки, подходит вторая стратегия.

Когда необходимо, чтобы пользователи запускали обновленную версию приложения в обязательном порядке, проверка **До запуска приложения** является единственным способом гарантировать, что более старая версия не сможет быть запущена.

По окончанию настройки данных параметров, устанавливается версия публикации.

Свойство ClickOnce Publish Version определяет, будет ли публикуемое приложение рассматриваться как обновление. При каждом увеличении номера версии приложение будет публиковаться как обновление.

По умолчанию номер Revision версии Publish Version автоматически увеличивает при каждой публикации приложения. Для отключения данной функции необходимо снять галку у Automatically increment revision with each publish.

Для определения пользовательских параметров приложения предусмотрена область Description в параметрах публикации, где можно задавать соответствующие значения (рис. 4):

язык публикации (по умолчанию устанавливаются язык и региональные параметры компьютера разработки) - Publish language,

отображаемое имя в меню Пуск и Установка и удаление программ, после установки приложения (по умолчанию отображаемое имя такое же, что и имя сборки приложения) –Product name,

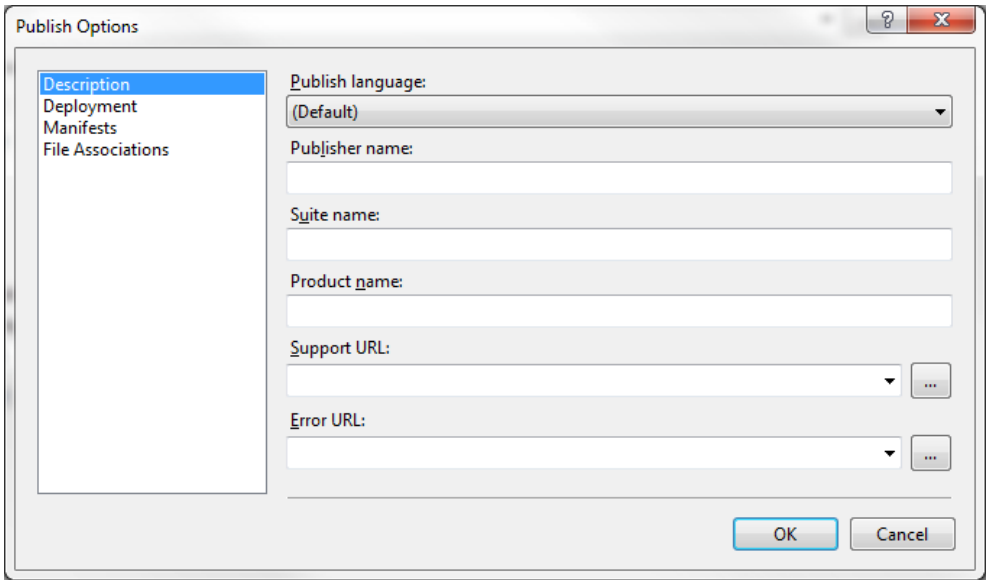


Рис. 4. Пользовательские параметры публикации

веб-страницу или общую папку, куда пользователи могут перейти для получения сведений о приложении (свойство является необязательным; если оно предоставляется, URL-адрес отображается в диалоговом окне Установка и удаление программ для элемента приложения) – Support URL,

имя издателя – Publisher name,

специальное имя папки в меню Пуск, куда будет установлено приложение – Suite name.

Для определения параметров развертывания ПО во вкладке Deployment можно определить (рис. 5):

имя для веб-страницы, где будет развернуто приложение (по умолчанию Publish.htm) - Deployment web page,

задать автоматическое создание страницы после завершения каждой публикации - Automatically generate deployment web page after every publish,

открывать страницу после публикации - Open deployment web page after publish,

использовать расширение файла.deploy - Use ".deploy" file extension,

при установки с CD запускать autorun.inf - For CD installations, automatically start Setup when CD is inserted.

Проверка файлов, загруженных с веб-сервера (отслеживание процесса загрузки каждого файла, уведомлене о файлах, которые не могут быть загружены) - Verify files uploaded to a web server.

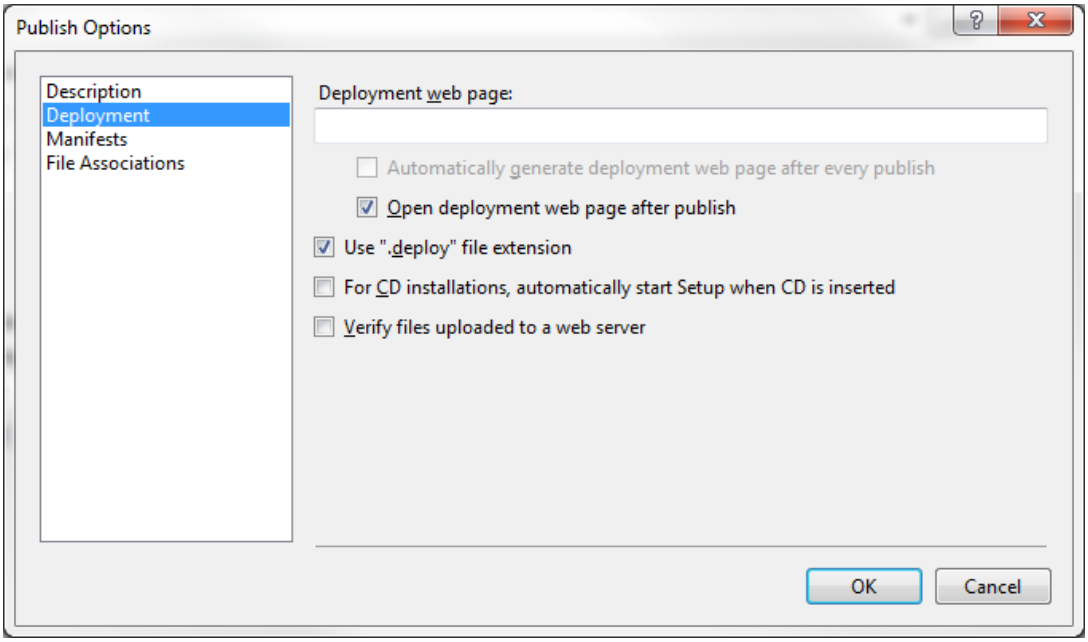


Рис. 5. Параметры развертывания ПО

Вкладка Signing в Конструкторе позволяет подписывать манифесты приложений и развертывания, а также сборки, используя подпись со строгим именем (рис. 6).

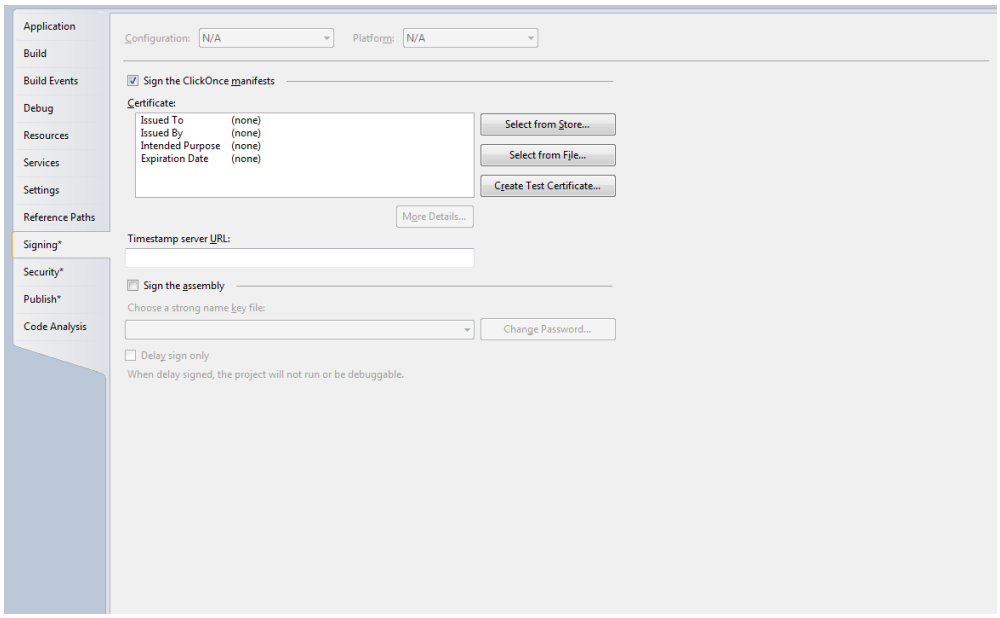


Рис. 6. Вкладка Подпись в Свойствах проекта

Подпись манифестов приложений и развертывания представляет собой процесс, отличный от подписи сборки.

Данные расположения файла-ключа различаются для подписания манифестов и подписания сборок. При подписании манифестов данные ключа хранятся в зашифрованной базе данных вашего компьютера и в хранилище сертификатов текущего пользователя Windows. При подписании сборок данные ключа хранятся только в зашифрованной базе данных компьютера[5].

Из всего выше перечисленного следует, что технология ClickOnce проста в использовании, но предоставляет широкие возможности разработчику в создании пакета установщика для Windows приложения. ClickOnce позволяет создавать уникальные Сертификаты для программных продуктов, описывать алгоритм обновления ПО, а так же при необходимости включать необходимые файлы в пакет, тем самым освобождая пользователя от поисков нужных для правильной и стабильной работы компонентов и упрощая саму работу с приложением.

Литература:

[1]. Манухина Д.В., Потапов А.Е., Соломатина И.А., Бадмаев А.И., Нилова А.С., Федотов Д.Ю. Анализ современных технологий развертывания приложений и программных инструментов создания пакетов установки. Вестник Тамбовского Университета. Сер. Естественные и технические науки, 2014, Вып. 6. 308 с.

[2]. Security Page, Project Designer.URL: https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/8x61d3e3.aspx (дата обращения 28.02.2015).

[3]. Choosing a ClickOnce Deployment Strategy. URL: https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/71baz9ah.aspx (дата обращения 28.02.2015)

[4]. How to: Specify Which Files Are Published by ClickOnce. URL: https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/kzy0fky2.aspx (дата обращения 28.02.2015)

[5]. Creating Bootstrapper Packages. URL: https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ms165429.aspx (дата обращения 27.02.2015)

[6]. Signing Page, Project Designer. URL: https://msdn.microsoft.com/en-US/library/0k50fs3b%28v=vs.90%29.aspx (дата обращения 27.02.2015)

Супрун Ирина Валерьевна - ассистент кафедры "Системы автоматизированного проектирования" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: irina-kaluga_88@mail.ru

Манухина Дарья Владимировна - канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры "Системы автоматизированного проектирования", КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: dmanuhina@gmail.com

I.V. Suprun, D.V. Manuhina

THE FEATURES OF APPLICATION DEVELOPMENT BASED ON CLICKONCE TECHNOLOGY

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Kaluga, 248000, Russia

The main features of the ClickOnce technology are presented for creating and configuring self-updating Windows applications in according to the requirements. This article discusses the features of the ClickOnce technology such as installation, updating and run with minimal intervention from the user on computer stations, automatic program updates, supporting versioning and checking the publisher, the presence of access control code for protected resources, definition of the zone boundaries permits, possibility to choose among several ways of providing access to the installer. The aim of the article is to show the main characteristics of the technology and features to work with it. Various options for filling Installer package, the choice of the publication software strategy, the possible options for upgrading users software. The main advantages and disadvantages of this technology depending on the requirements for deploying software product can be determined based on the studied technology.

Keywords*: ClickOnce, Update, application deployment strategy, Publish Version, application manifest.*

Literature:

[1]. Manuhina D.V., Potapov A.E., Solomatina I.A., Badmaev I.A., Nilova A.S., Fedotov D.Y. Analysis of modern technologies for deploying applications and software tools for creating installation packages. *Tambov University Review. Series: Natural and Technical Sciences*, 2014, Issue.19, Vol.6, p. 1841-1844.

[2]. *Security Page, Project Designer*.URL: https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/8x61d3e3.aspx (date 28.02.2015).

[3]. *Choosing a ClickOnce Deployment Strategy*. URL: https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/71baz9ah.aspx (date 28.02.2015)

[4]. *How to: Specify Which Files Are Published by ClickOnce*. URL: https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/kzy0fky2.aspx (date 28.02.2015)

[5]. *Creating Bootstrapper Packages.* URL: https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ms165429.aspx (date 27.02.2015)

[6]. *Signing Page, Project Designer.* URL: https://msdn.microsoft.com/en-US/library/0k50fs3b%28v=vs.90%29.aspx (date 27.02.2015)

Suprun Irina, **-** assistant of CAD Department; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: irina-kaluga_88@mail.ru.

Manuhina Daria - Ph. D., Assoc. Professor; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: dmanuhina@gmail.com.

УДК 004.922

Г.А. Матазимов, Ю.С. Белов

ПЕРСПЕКТИВНАЯ МАТРИЦА В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

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

Статья посвящена математическому осмыслению перспективных матричных преобразований в компьютерной графике. Произведён анализ частей спецификации OpenGL версии 3.3 Core Profile, отвечающих за матричные преобразования и растеризацию графических примитивов. В статье было объяснено значение однородных координат, псевдоглубины, а также канонического объёма отсечения и их вклад на этапах растеризации графических примитивов. Были рассмотрены отличия правосторонней и левосторонней системы координат. Был рассмотрен графический матричный конвейер и была объяснена взаимосвязь модельного, мирового и видового пространств. На основе анализа была получена перспективная матрица для левосторонней пользовательской системы координат графической библиотеки OpenGL. Автором были отмечены основные моменты математического вывода, позволяющие конструировать перспективные матрицы под любую графическую библиотеку и любую пользовательскую систему координат.

***Ключевые слова**: перспективная матрица, матрица проекции, однородные координаты, перспективное деление, псевдоглубина, перспективный объём видимости, канонический объём видимости.*

В определённый момент у любого разработчика в области компьютерной графики возникают трудности с перспективными матрицами. Подчас ответ найти очень непросто, и как правило основная масса разработчиков бросает это занятие на полпути. Нужно понимать, что это не решение проблемы. Поэтому в данной статье будет проведён детальный анализ проекционных матриц, а также рассмотрены все аспекты по конструированию собственных проекционных матриц под любое графическое API (application programming interface).

Для большей конкретики рассмотрим OpenGL версии 3.3. Немного фактов из спецификации OpenGL [5]:

Матрицы хранятся по столбцам (column-major)

Однородные координаты

Канонический объём отсечения (CVV) в левосторонней системе координат

По большому счёту представление матриц в памяти не имеет большого значения, потому что матрицу всегда можно перевести в одного вида представления в другое простым транспонированием. Поэтому для всех последующих расчётов мы будем использовать классические row-major (представление по строкам) матрицы [7].

Однородные координаты – это система с рядом простых правил по переводу привычных декартовых координат в однородные координаты и обратно [2, 9]. Однородная координата это матрица-строка размерности [1x4]. Для того чтобы перевести декартовую координату в однородную координату необходимо *x*, *y* и *z* умножить на любое действительное число *w*. Далее результат нужно записать в первые три компоненты, а последний компонент будет равен множителю *w*. Другими словами:

$\begin{bmatrix} x & y & z \end{bmatrix}$- координаты в декартовой системе.

w – действительное число.

$\begin{bmatrix} wx & wy & wz & w \end{bmatrix}$ - координаты в однородной системе коодинат.

Если *w* равно единице, то всё что нужно для перевода, это перенести компоненты *x*, *y* и *z* и приписать единицу в последний компонент. То есть получить матрицу-строку:

$\begin{bmatrix} x & y & z & 1 \end{bmatrix}$

Обратный перевод вершины из однородных координат в декартовые координаты осуществляется следующим образом. Все компоненты матрицы-строки необходимо разделить на последнюю компоненту. Другими словами

$\begin{bmatrix} x_h & y_h & z_h & w_h \end{bmatrix}$ - однородные координаты

$\begin{bmatrix} \frac{x_h}{w_h} & \frac{y_h}{w_h} & \frac{z_h}{w_h} \end{bmatrix}$ - декартовы координаты

Все алгоритмы OpenGL по отсечению и растеризации работают в декартовых координатах, но перед этим все преобразования производятся в однородных координатах. Переход от однородных координат в декартовы координаты осуществляется аппаратно [5,7].

Канонический объём отсечения или Canonic view volume (CVV) – это одна из мало документированных частей OpenGL. Как видно из рис. 1 CVV – это выровненный по осям куб с центром в начале координат и длиной ребра равной двойке. Всё что попадает в область CVV подлежит растеризации, всё, что находится вне CVV игнорируется. Всё что частично выходит за границы CVV подлежит алгоритмам отсечения. Самое главное что надо знать - система координат CVV левосторонняя! [3]

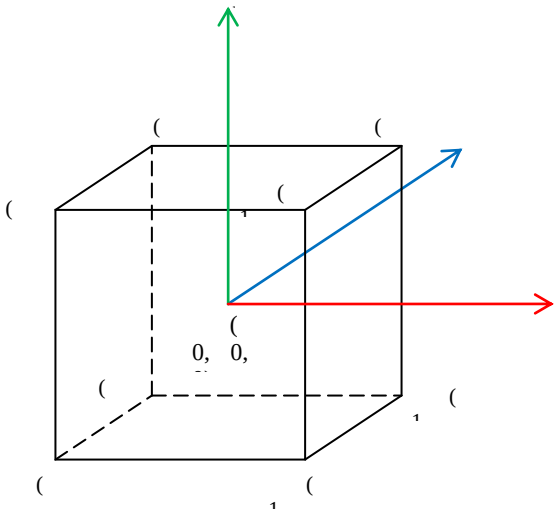


Рис. 1. Канонический объём отсечения OpenGL (CVV)

Однако в спецификации к OpenGL 1.0 ясно написано, что используемая система координат правосторонняя. На первый взгляд, получается противоречие. Однако это не так.

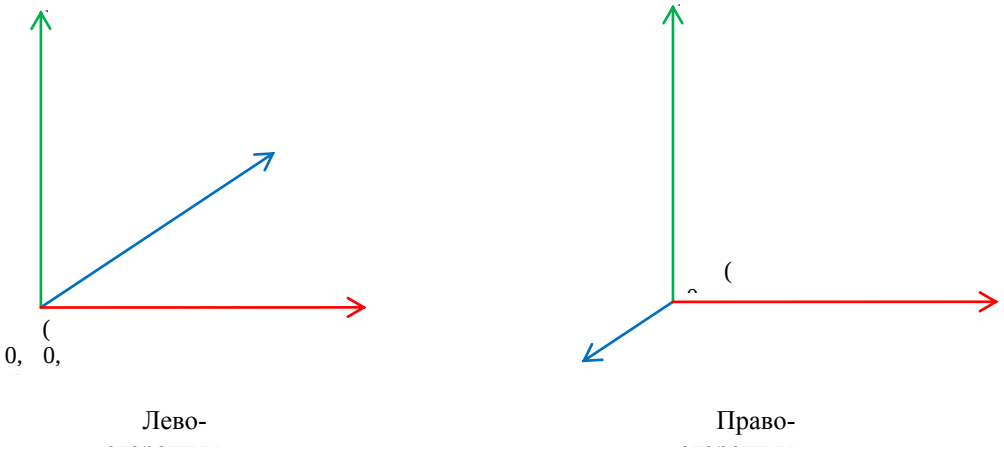


Рис. 2. Системы координат

Как видно из рис. 2 системы координат различаются лишь направлением оси Z. В OpenGL 1.0 действительно используется правосторонняя пользовательская система координат. Но система координат CVV и пользовательская система координат это две совершенно разные вещи. Более того начиная с версии 3.3 больше не существует такого понятия как стандартная система координат OpenGL. Программист сам реализует модуль матричных операций. Возникает два логичных вопроса. Если объём видимости это куб с длиной ребра равной два, то почему сцена размером в несколько тысяч условных единиц видна на экране? В какой момент происходит перевод пользовательской системы координат в систему координат CVV. Проекционные матрицы – это как раз та сущность, которая занимается решением этих вопросов [6, 8, 10].

Для того чтобы понять почему объекты уменьшаются с увеличением расстояния давайте рассмотрим матричные преобразования трёхмерной модели шаг за шагом. Не секрет, что любая трёхмерная модель состоит из конечного списка вершин, которые подвергаются матричным преобразованиям совершенно независимо друг от друга. Для того чтобы определить координату трёхмерной вершины на двухмерном экране монитора необходимо [1]:

Перевести декартову координату в однородную координату

Умножить однородную координату на модельную матрицу

Результат умножить на видовую матрицу

Результат умножить на проекционную матрицу

Результат перевести из однородных координат в декартовы координаты

Геометрический смысл модельной матрицы заключается в том, чтобы перевести модель из локальной системы координат в глобальную систему координат. Или как говорят, вынести вершины из модельного пространства в мировое пространство. Загруженный из файла трёхмерный объект находится в модельном пространстве, где координаты отсчитываются относительно самого объекта. Далее с помощью модельной матрицы производится позиционирование, масштабирование и поворот модели. В результате все вершины трёхмерной модели получают фактические однородные координаты в трёхмерной сцене. Модельное пространство относительно мирового пространства является локальным. Из модельного пространства координаты выносятся в мировое пространство (из локального в глобальное). Для этого используется модельная матрица.

На шаге три начинает работу видовое пространство. В этом пространстве координаты отсчитываются относительно положения и ориентации наблюдателя так, как если бы он являлся центром мира. Видовое пространство является локальным относительно мирового пространства, поэтому координаты в него надо вносить (а не выносить, как в предыдущем случае). Прямое матричное преобразование выносит координаты из некоторого пространства. Чтобы наоборот внести их в него, надо матричное преобразование инвертировать, поэтому видовое преобразование описывается обратной матрицей. Как же получить эту обратную матрицу? Для начала получим прямую матрицу наблюдателя. Чем характеризуется наблюдатель? Наблюдатель описывается координатой, в которой он находится, и векторами направления обзора. Наблюдатель может перемещаться по сцене и осуществлять повороты. Во многом это напоминает смысл модельной матрицы. Однако, для наблюдателя операция масштабирования бессмыслена. Модельная матрица наблюдателя и есть искомая прямая матрица! Инвертировав эту матрицу, мы получаем видовую матрицу. На практике это означает, если наблюдатель видел определённую вершину, то значение однородной координаты z данной вершины в видовом пространстве точно

будет положительным числом. Если вершина находилась за наблюдателем, то значение её однородной координаты *z* в видовом пространстве точно будет отрицательным числом.

Шаг четыре - это перспективное преобразование. Предыдущие шаги были рассмотрены так подробно намеренно, чтобы читатель имел полную картину о всех операндах четвёртого шага. На четвёртом шаге однородные координаты выносятся из видового пространства в пространство CVV. Ещё раз подчеркивается тот факт, что все потенциально видимые вершины будут иметь положительное значение однородной координаты *z*.

Рассмотрим матрицу вида:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \qquad (1)$$

и точку в однородном пространстве наблюдателя.

$\begin{bmatrix} x_v & y_v & z_v & 1 \end{bmatrix}$

Произведём умножение однородной координаты на рассматриваемую матрицу и переведём получившиеся однородные координаты в декартовы координаты

$$\begin{bmatrix} x_v & y_v & z_v & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} x_v & y_v & z_v+1 & z_v \end{bmatrix} \Leftrightarrow \begin{bmatrix} \frac{x_v}{z_v} & \frac{y_v}{z_v} & \frac{z_v+1}{z_v} \end{bmatrix}$$

Допустим, есть две точки в видовом пространстве с одинаковыми координатами *x* и *y*, но разными координатами *z*. Другими словами одна из точек находится за другой. Из-за перспективного искажения наблюдатель должен увидеть обе точки. Действительно, из формулы видно, что из-за деления на координату z_v, происходит сжатие к точке начала координат. Чем больше значение z_v (чем дальше точка от наблюдателя), тем сильнее сжатие. Вот и объяснение эффекту перспективы.

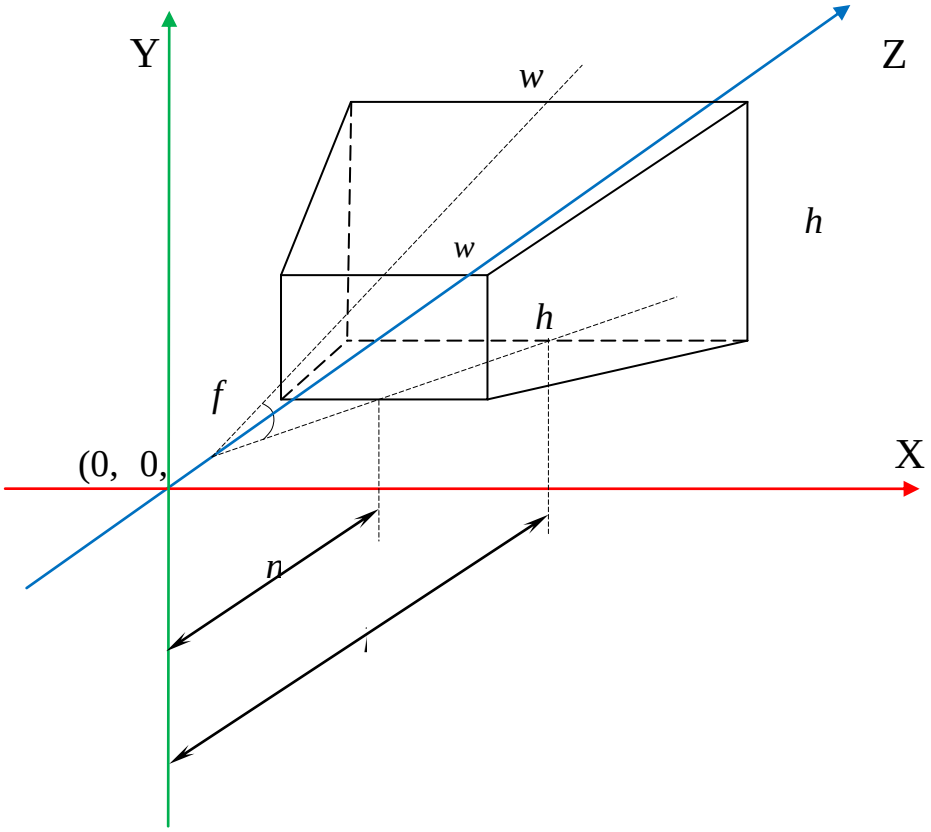
В спецификации OpenGL сказано, что операции по отсечению и растеризации выполняются в декартовых координатах, процесс перевода однородных координат в декартовые координаты производится автоматически.

Матрица (1) является шаблоном для матрицы перспективой проекции. Как было сказано ранее, задача матрицы проекции заключается в двух моментах: установка пользовательской системы координат (левосторонняя или правосторонняя), перенос объёма видимости наблюдателя в CVV. Выведем перспективную матрицу для левосторонней пользовательской системы координат.

Матрицу проекции можно описать с помощью четырёх параметров (рис. 3):

Угол обзора в радианах (*fovy*)

Соотношение сторон (*aspect*)
Расстояние до ближней плоскости отсечения (*n*)
Расстояние до дальней плоскости отсечения (*f*)



$$\frac{w_n}{h_n} = \frac{w_f}{h_f} = aspec$$

Рис. 3. Перспективный объём видимости

Рассмотрим проекцию точки в пространстве наблюдателя на переднюю грань отсечения перспективного объёма видимости. Для большей наглядности на рис. 4 изображён вид сбоку. Так же следует учесть, что пользовательская система координат совпадает с системой координат CVV, то есть везде пользуется левосторонняя система координат.

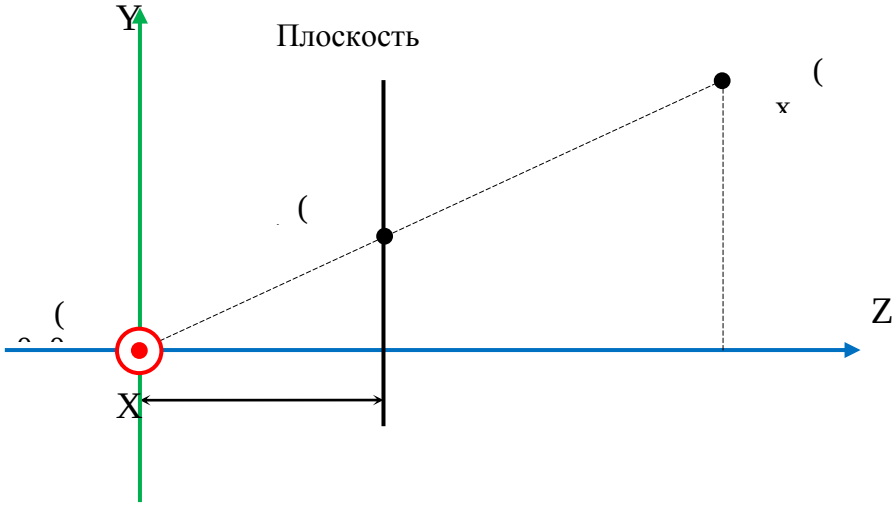


Рис. 4. Проецирование произвольной точки

На основании свойств подобных треугольников справедливы следующие равенства:

$$y' = y \cdot \frac{d}{z} \qquad\qquad x' = x \cdot \frac{d}{z} \qquad (2)$$

В принципе, выражений (2) достаточно для получения координат точек проекции. Однако для правильного экранирования трёхмерных объёктов необходимо знать глубину каждого фрагмента. Другими словами необходимо хранить значение компоненты z. Как раз это значение используется при тестах глубины OpenGL. На рис. 3 видно, что значение z' не подходит в качестве глубины фрагмента, потому что все проекции точек умеют одинаковое значение z'. Выход из сложившейся ситуации – использование так называемой псевдоглубины [4].

Свойства псевдоглубины:

Псевдоглубина рассчитывается на основании значения z.

Чем ближе к наблюдателю находится точка, тем меньше значение имеет псевдоглубина.

У всех точек, лежащих на передней плоскости перспективного объёма видимости, значение псевдоглубины равно -1.

У всех точек, лежащих на дальней плоскости отсечения перспективного объёма видимости, значение псевдоглубины равно 1.

Все фрагменты точки, лежащие внутри перспективного объёма видимости, имеют значение псевдоглубины в диапазоне [-1 1].

Давайте выведем формулу, по которой будет рассчитываться псевдоглубина. В качестве основы возьмём следующее выражение.

$$z^* = \frac{az + b}{z} \qquad (3)$$

Коэффициенты a и b необходимо вычислить. Для того чтобы это сделать, воспользуемся свойствами 3 и 4 псевдоглубины. Получаем систему из двух уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} -1 = \dfrac{an + b}{n} & (4) \\ 1 = \dfrac{af + b}{f} & (5) \end{cases}$$

Решая данную систему уравнений получаем:

$$a = \frac{f + n}{f - n}$$

$$b = \frac{-2fn}{f - n}$$

Теперь подставим полученные коэффициенты в матрицу заготовку (1) и проследим, что будет происходить с координатой z_v для произвольной

точки в однородном пространстве наблюдателя. Подстановка выполняется следующим образом.

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a & 1 \\ 0 & 0 & b & 0 \end{pmatrix} \quad \text{или} \quad \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{f+n}{f-n} & 1 \\ 0 & 0 & \frac{-2fn}{f-n} & 0 \end{pmatrix} \qquad (6)$$

Пусть расстояние до передней плоскости отсечения n равно 2, а расстояние до дальней плоскости отсечения f равно 10. Рассмотрим пять точек в однородном пространстве наблюдателя с координатами z_v равными 1, 2, 5, 10 и 20:

Умножим все точки на матрицу (6), а затем переведём полученные однородные координаты в декартовые координаты z_d. Для этого нам необходимо вычислить значения новых однородных компонент z_h и w_h.

Точка 1: $z_d = \frac{z_h}{w_h} = \frac{-28}{8 \cdot 1} = -3.5$

Точка 2: $z_d = \frac{z_h}{w_h} = \frac{-16}{8 \cdot 2} = -1$

Точка 3: $z_d = \frac{z_h}{w_h} = \frac{20}{8 \cdot 5} = 0.5$

Точка 4: $z_d = \frac{z_h}{w_h} = \frac{80}{8 \cdot 10} = 1$

Точка 5: $z_d = \frac{z_h}{w_h} = \frac{200}{8 \cdot 20} = 1.25$

Обратите внимание, что однородная координата z_v абсолютно верно позиционируется в CVV, а самое главное, что теперь возможна работа теста глубины OpenGL, потому что псевдоглубина полностью удовлетворяет требованиям тестов.

С координатой z разобрались, перейдём к координатам x и y. Как говорилось ранее весь перспективный объём видимости должен умещаться в CVV. Длина ребра CVV равна двум. Соответственно, высоту и ширину перспективного объёма видимости надо сжать до двух условных единиц.

$$\frac{2n}{w} \quad \text{и} \quad \frac{2n}{h} \qquad (7)$$

В нашем распоряжении имеется угол *fovy* и величина *aspect*. Давайте выразим высоту и ширину, используя эти величины.

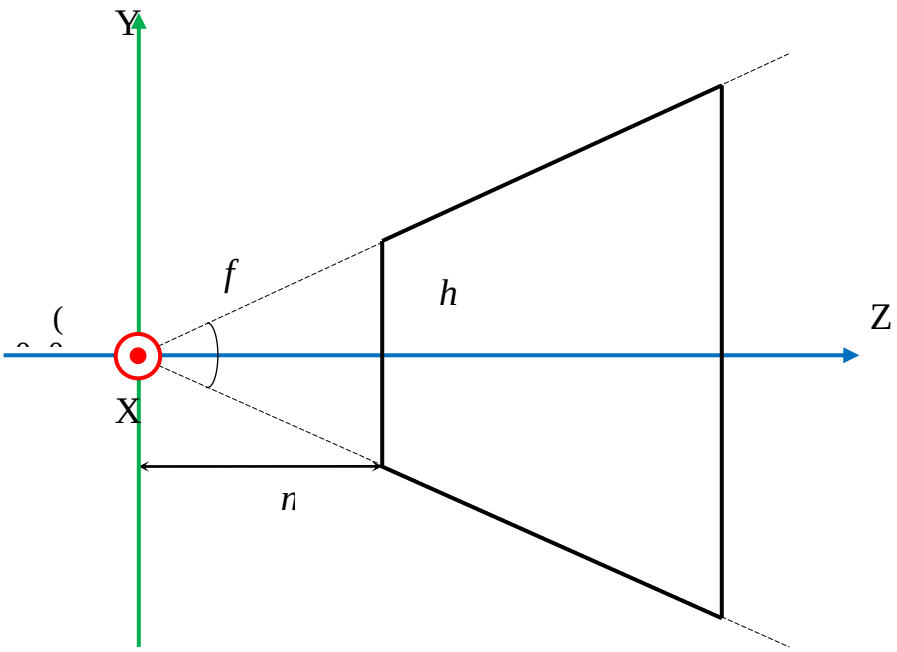


Рис. 5. Перспективный объём видимости

Из рис. 5 видно, что:

$$\frac{2n}{h} = ctg\left(\frac{fovy}{2}\right)$$

$$aspect = \frac{w}{h}$$

$$\frac{2n}{w} = \frac{2n}{aspect \cdot h} = \frac{2n}{aspect \cdot \dfrac{2n}{ctg\left(\dfrac{fovy}{2}\right)}} = \frac{ctg\left(\dfrac{fovy}{2}\right)}{aspect}$$

Теперь можно получить окончательный вид перспективной проекционной матрицы для пользовательской левосторонней системы координат, работающей с CVV OpenGL:

$$\begin{pmatrix} \dfrac{ctg\left(\dfrac{fovy}{2}\right)}{aspect} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & ctg\left(\dfrac{fovy}{2}\right) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dfrac{f+n}{f-n} & 1 \\ 0 & 0 & \dfrac{-2fn}{f-n} & 0 \end{pmatrix}$$

На этом тему перспективных матриц можно считать закрытой.

Литература

[1]. Agoston M.K. Computer Graphics and Geometric Modelling. *Springer*, 2011. 907 pp.

[2]. Akenine-Möller T., Haines E., and Hoffman N. Real-Time Rendering Resources. 3rd ed. *A.K. Peters Ltd*, 2011. 1045 pp.

[3]. Bloomenthal J., Rokne J. Homogeneous coordinates , *The Visual Computer*, Vol. 11, No. 1, 2010. pp. 15-16.

[4]. Kessenich J., Baldwin D., and Rost R. The OpenGL Shading Language Version 3.30. 2010. 124 pp.

[5]. Lindeman R.W. CS 543 - Computer Graphics: Projection , *WPI Press*, 2012. pp. 1-16.

[6]. Segal M., Akeley K. The OpenGL Graphics System: A Specification (Version 3.3 (Core Profile) - March 11, 2010). 2010. 425 pp.

[7]. Song H.A. OpenGL Projection Matrix [Электронный ресурс] URL: http://www.songho.ca/opengl/gl_projectionmatrix.html (дата обращения: 23.02.2015).

[8]. Steinicke F., Bruder G., and Kuh S. Realistic Perspective Projections for Virtual , *Wurzburg University Press*, Vol. 30, No. 5, 2010. pp. 1-10.

[9]. Игнатенко А. Однородные координаты [Электронный ресурс] URL: http://cgm.computergraphics.ru/content/view/51 (дата обращения: 23.02.2015).

[10]. Перспективные преобразования [Электронный ресурс] URL: http://sernam.ru/book_mm3d.php?id=66 (дата обращения: 23.02.2015).

Матазимов Георгий Андреевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: GoshidoMatazuki@gmail.com.

Белов Юрий Сергеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ybs82@mail.ru.

G.A. Matazimov , Yu.S. Belov

PERSPECTIVE MATRIX IN COMPUTER GRAPHICS

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Kaluga, 248000, Russia

The article is devoted to the mathematical understanding of perspective matrix transformations in computer graphics. Promoted analysis of parts of the OpenGL specification version 3.3 Core Profile, responsible for matrix transformation and rasterization of graphics primitives. The article explained the value of homogeneous coordinates, pseudodepth, as well as the canonical view volume and their contribution to the stages of the rasterization of graphics primitives. Differences were considered right and left coordinate system. Was considered graphic matrix pipeline and was attributed to the relationship model, the world's species and spaces. On the basis of the analysis was obtained promising matrix for the left-handed user coordinate system graphics library OpenGL. The author has marked the highlights of mathematical output, allowing design perspective matrix under any graphics library and any user coordinate system.

Keywords*: perspective matrix, projection matrix, homogeneous coordinates, perspective division, pseudodepth, perspective view volume, canonic view volume.*

REFERENCES

[1]. Agoston M.K. Computer Graphics and Geometric Modelling. *Springer*, 2011. 907 pp.

[2]. Akenine-Möller T., Haines E., and Hoffman N. Real-Time Rendering Resources. 3rd ed. *A.K. Peters Ltd*, 2011. 1045 pp.

[3]. Bloomenthal J., Rokne J. Homogeneous coordinates, *The Visual Computer*, Vol. 11, No. 1, 2010. pp. 15-16.

[4]. Kessenich J., Baldwin D., and Rost R. The OpenGL Shading Language Version 3.30. 2010. 124 pp.

[5]. Lindeman R.W. CS 543 - Computer Graphics: Projection , WPI Press, 2012. pp. 1-16.

[6]. Segal M., Akeley K. The OpenGL Graphics System: A Specification (Version 3.3 (Core Profile) - March 11, 2010). 2010. 425 pp.

[7]. Song H.A. OpenGL Projection Matrix URL: http://www.songho.ca/opengl/gl_projectionmatrix.html (data obrashhenija: 02.23.2015).

[8]. Steinicke F., Bruder G., and Kuh S. Realistic Perspective Projections for Virtual, *Wurzburg University Press*, Vol. 30, No. 5, 2010. pp. 1-10.

[9]. Ignatenko A. Odnorodnye koordinaty [Jelektronnyj resurs] URL: http://cgm.computergraphics.ru/content/view/51 (data obrashhenija: 23.02.2015).

[10]. Perspectivnie preobrazovania [Jelektronnyj resurs] URL: http://sernam.ru/book_mm3d.php?id=66 (data obrashhenija: 02.23.2015).

Matazimov G.A. - student; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: GoshidoMatazuki@gmail.com.

Belov Yuri Sergeyevich - Ph. D., Assoc. Professor of the Department of software, information technologies and applied mathematics; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: ybs82@mail.ru.

УДК 004.928

Е. В. Зорина, Ю.С. Белов

ПРОБЛЕМЫ АНИМАЦИИ ЧЕЛОВЕКА В КОМПЬЮТЕРНОЙ АНИМАЦИИ

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

В работе приведен обзор основных подходов к анимации человека в компьютерной анимации: анимация по ключевым кадрам, захват движений, физическая анимация. Рассмотрены проблемы этих подходов, ограничения и слабые места. Более подробно рассмотрены различные технологии в области моделирования мышц и мягких тканей человека. В данных областях выделены наиболее перспективные подходы и их недостатки. В частности анализируются модели на основе фреймворков управления с обратной связью, искусственных нейронных сетей и мышечных моделей Хилл-типа – в мышечном моделировании, и моделирование на анатомической основе, параметрические мышечные модели, B-сплайны твердых тел и др. – в моделировании мягких тканей. На основе анализа этих подходов выделены перспективы и сложности для комплексного моделирования человеческого тела.

Ключевые слова: *компьютерная анимация, анимация человека, генерация движений мышц, моделирование мягких тканей, биомеханика.*

Введение. Создание человека, возможно, одна из наиболее важных задач в компьютерной анимации. Компьютерные аниматоры зачастую должны изобразить все аспекты человека, начиная от внешнего вида и заканчивая личностью. Они должны передать характер персонажа через графику, сделав человеческие движения правдоподобными.

Анимация человека в компьютерной анимации становится ведущей технологией, все более приближенной к жизни. 3D технология сканирования, например, сканера Cyberware (www.cyberware.com), дает возможность человеческой фигуре приобрести реалистичность без особых затруднений. Самые передовые методы визуализации позволяют реализовать синтез сложных полупрозрачных материалов кожи и волос. Можно утверждать, что моделирование и рендеринг человека прошли "Графический тест Тьюринга", в том смысле, что компьютерные изображения стали сравнительно неотличимы от реальных изображений.

Графическое изображение эмоций и характера становится все более совершенным, но в то же время и аудитория становится более чувстви-

тельной к его недостаткам, и подобная анимация находится в опасной близости от попадания в «зловещую долину». В соответствии с гипотезой о «зловещей долине» в робототехнике [1], люди чувствуют себя более комфортно с антропоморфным роботом, когда он выглядит и движется как реальный человек, но они могут испытывать растущее отвращение к роботу, когда он настолько похож на реального человека, что его трудно отличить. Справедливость этой гипотезы не доказана, но известны факты, когда зрители испытывали отвращение к высоко реалистичным человеческим персонажам, движения которых выглядели неестественными (например, Final Fantasy: The Spirits Within (2001), The Polar Express (2004) и другие анимационные фильмы). Это говорит о том, что реалистичность человеческого персонажа требует соразмерной реалистичной анимации.

Анимация по ключевым кадрам. Данный вид анимации был освоен ведущими анимационными студиями, такими как Pixar. Специалисты вручную определяли позы персонажей на множестве ключевых моментов времени, и компьютер интерполировал эти ключевые позы для производства непрерывного движения. Создание реалистичных человеческих движений требовало колоссальных трудозатрат, в отличие от анимации игрушек или иных выдуманных существ. Нерациональность данного метода подтвердилась неудавшейся попыткой создания реалистичной анимации жидкости.

Непрактичность ключевых кадров в этом контексте препятствовала изображению реалистичных человеческих персонажей в современной компьютерной анимации.

Захват движений. Хотя технологии захвата движения позволили добиться заметных успехов в создании реалистичного человека, их тоже нельзя назвать совершенными. Многие методы данного вида [2; 3] рассматривали движения как данные и применяли подходы обработки сигналов к модификации захваченных движений человека на разовой основе, без учета того, как движения порождаются человеческим телом. Таким образом, нет никакой гарантии, что полученные движения на самом деле будут походить на реальные человеческие. Создание реалистичной анимации в реальном времени персонажей, взаимодействующих с произвольной виртуальной средой, существенно осложняется при использовании одних только методов захвата движений.

Вследствие отмеченных недостатков перечисленных методов возникла необходимость в разработке новых технологий, которые позволили бы воспроизводить более реалистичные человеческие движения. В основу этих технологий легло применение законов физики движения в реальном мире для синтезирования движений виртуальных объектов компьютерной анимации. Благодаря такому подходу, исследователям удалось добиться успехов в анимации твердых тел, жидкостей и газов.

Физическая анимация. Физическая анимация использует законы физики для моделирования динамического движение твердых тел, деформации нежестких твердых тел и потоков жидкостей и газов, что дало возможность реалистично анимировать их на компьютере.

Подход, основанный на физике, применяется также к селф-анимации объектов для автоматического вычисления оптимальной и реалистичной траектории движения или создания анимации существа, которое взаимодействует с сымитированной окружающей средой. Для реалистичной анимации низших животных, например морских, исследователи смоделировали даже более продвинутые механизмы генерации движений, например, основанные на мышечной биомеханике и поведенческой анимации.

Механизмы, созданные наподобие биологических мышц, использовались более двух десятилетий для генерации эмоций в лицевой анимации.

В других аспектах человеческой анимации вместо мышц для представления шарнирной анимации скелета традиционно используются пропорционально-дифференциальные сервоприводы суставов. В последнее время в целях повышения реалистичности анимации разрабатываются все более изощренные биомеханические модели отдельных частей тела, таких как руки [4; 5] и ноги [6]. Но, несмотря на значительный прогресс в подобном локализованном моделировании, задачи моделирования всего человеческого тела из-за его сложности не так хорошо проработаны.

В ранних экспериментах туловище упрощалось до относительно небольшого числа составляющих, и даже в самых подробных анатомических моделях, таких как [7] и [8], многие суставные кости в позвоночнике и ребрах группировались и рассматривались как единый жесткий объект.

Генерация движений мышц. Исследователи в области биомеханики попытались представить стратегию управления движениями как теорию оптимизации и направили свои усилия на поиск подходящих критериев оптимальности [9; 10]. Не так давно некоторые исследователи стали применять теории управления роботом для управления движениями человека. Инженер Стэндфордского Университета В. Д. Сапио и его коллеги [11] предложили использовать определяемые на уровне задач структуры управления с обратной связью для моделирования целенаправленных человеческих движений. Профессор Мичиганского Университета Д. Дж. Селен [12] применил статическую оптимизацию наряду с методами управления с прямой и обратной связями для управления кинематической траекторией опорно-двигательной модели ноги с набором требуемых значений. В своих работах он описал, что мышечные возбуждения, вычисленные по указанным методам, были похожи на измерения электромиографических образцов.

Появление искусственных нейронных сетей вдохновило исследователей на создание механизмов, способных обучаться человеческим движениям. К примеру, профессор НИИ Киото М. Ковато [13] построил иерархиче-

скую нейронную сеть, которая обучалась инверсной динамике простой модели руки. Однако эта передовая имитационная биомимическая самообучающаяся модель требовала значительных вычислительных затрат.

Аналогичное исследование было проведено профессорами Университетов Огайо и Невады Х. Хемами и К. Дж. Ким [14] с упрощенной моделью человеческой головы и туловища. Р. Гжекштук, профессор Университета Торонто [15], применил искусственные нейронные сети и алгоритм обратного распространения для обучения контроллеров для динамических объектов, в том числе контроллера локомоции для биомеханической модели дельфина.

Уникальной особенностью мышцы является то, что с усилением нейронного сигнала ее жесткость возрастает. Таким образом, путем одновременной активации мышц-агонистов и антагонистов люди и иные животные могут усиливать жесткость мышц, не меняя положения тела. Они эффективно используют этот регулирующий механизм для поддержания устойчивости тела под внешними нагрузками или для повышения точности движений конечностей.

Профессор Университета Пенсильвании Н. Дж. Хоган [16] исследовал тональную (импедансную) модуляцию с точки зрения совместной активации мышц-агонистов и антагонистов.

В компьютерной анимации, профессоры Вашингтонского Университета М. Нёфф и Университета Торонто Е. Фиуме [17] предложили совместный метод управления приводным механизмом: они подключили два противоположных контроллера обратной связи для каждого сустава шарнирно-сочлененной антропоморфной фигуры, контролируя напряжение и расслабление в результате движения тела путем модуляции двух пропорциональных коэффициентов обратной связи. Эта работа имела существенный недостаток - она не включала в себя управление с элементами прогнозирования, и ее совместные контроллеры не могли точно смоделировать характеристики и функции реальных мышц, в особенности, когда эти мышцы объединяли множество суставов, как большинство мышц в реальности.

Профессор Калифорнийского Университета Б. Аллен [18] предложил аналитический метод для определения изменяющихся во времени коэффициентов обратной связи пропорционально-дифференциальных сервоприводов для управления синхронизацией и движениями персонажа. При использовании приводов мышц имитировалось естественное движение скелета за счет мышечных сил.

Обычная суставно-центрированная пропорционально-дифференциальная сервоприводная модель антропоморфных фигур в анимации, основанная на физике, не может адекватно охватить весь комплекс множества мышц, окружающих суставы скелета. Во-первых, в реальности величина мышечного усилия различается в зависимости от длины мышцы,

а также скорости изменения длины во времени даже при одинаковом уровне активации. Во-вторых, человек управляет движениями и жесткостью своего тела путем контролирования большого числа мышц, которые не могут быть аппроксимированы упрощенной приводной пропорционально-дифференциальной моделью суставов.

Здесь свое применение нашла известная мышечная модель Хилл-типа, которая использовалась в области биомеханики для представления сил, порождающих основные свойства мышц.

Моделирование мягких тканей. Обычные элементарные типы анимации, используемые в моделировании, не могут адекватно изобразить биологические суставы, которые имеют нетривиальные модели движения из-за сложных по форме костей. Таким образом, в дополнение к задаче моделирования человеческого тела добавилась проблема создания реалистичной модели суставов.

Такая модель может быть построена с использованием динамических алгоритмов, основанных на минимальном наборе координат.

В основанном на анатомии подходе к моделированию Д.-Т. Чен и Д. Зельцер, профессоры Техасского Университета, [19] ввели биомеханическое моделирование мышц для компьютерной анимации, моделирование мышечной ткани с большим числом элементов и моделирование деформации мышц за счет применения силы в мышцах Хилл типа.

С.-Х. Ли, профессор Корейского Институт Науки и Технологий [20], использовал многослойные сетки типа масса-вес-амортизатор со встроенными мышечными приводами для моделирования мягких тканей лица и синтезирования выражения лица. Параметрические мышечные модели были использованы для моделирования изменения формы кожи благодаря деформации внутренних мышц.

Ф. Шиперс, профессор Огайского Университета, [21] и профессоры Калифорнийского Университета Дж. Вильхельм и А. В. Гелдер [22] использовали различные простейшие геометрические элементы для моделирования мышц и кинематического определения их деформации с помощью совместных движений.

В последнее время были предложены более сложные методы деформации мышцы.

В. Энг-Су-Хинг, главный научный сотрудник НИИ Хонда, [23] использовал В-сплайн твердых тел для эффективного моделирования и симуляции определенных мышц.

Д. К. Пай, профессор Университета Британской Колумбии [24], разработал модель мышечной нити для быстрого моделирования отдельных мышц.

Работа Дж. Ирвинга, профессора Стэндфордского университета, [25] позволила качественно моделировать деформацию мягких тканей путем введения обратимых конечных элементов.

Заключение. За последние 20 лет исследователи прошли путь от создания примитивных прототипов человека до высоко реалистичного изображения, почти не отличимого от реальных людей. Однако в моделировании движений удалось добиться успехов лишь в анимации отдельных частей тела в том числе биомеханического моделирования лица [20; 27], руки [26; 4], и ноги [6], комплексное моделирование человеческого тела до сих пор не проводилось из-за его сложности.

В научных работах по биомеханике можно встретить исследования в области создания детальной анатомической модели человеческого тела, которые, к сожалению, не моделируют достаточное количество мышц для управления костной системой. Наиболее перспективными методами для решение данной задачи сейчас видятся методы, основанные на прогнозировании движений на основе законов физики, способные с высокой точностью моделировать мышцы, суставы, а так же мягкие ткани человека, форму и деформацию кожи.

Отсутствие на сегодняшний день решения одной из самых интересных и сложных задач компьютерной анимации продолжает вдохновлять исследователей на разработку все более современных механизмов моделирования человеческого тела.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Mory M. The uncanny valley. *Energy 7*, 4, 1970, 33–35.

[2] Bruderlin A., Williams L. Motion signal processing. In *SIGGRAPH '95: Proceedings of the 22nd annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, ACM, New York, NY, USA, 1995, 97–104.

[3] Witkin A., Popovic, Z. Motion warping. In *SIGGRAPH '95: Proceedings of the 22nd annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, ACM, New York, NY, USA, 1995, 105–108.

[4] Tsang W., Singh K., Fiume E. Helping hand: An anatomically accurate inverse dynamics solution for unconstrained hand motion. In *ACM SIGGRAPH/ Eurographics Symposium on Computer Animation (SCA'05)*, 2005, 319–328.

[5] Albrecht I., Haber J., Seidel H.-P. Construction and animation of anatomically based human hand models. In *ACM SIGGRAPH / Eurographics Symposium on Computer Animation (SCA'03)*, 2003, 98–109.

[6] Dong F., Clapworthy G. J., Krokos M. A., Yao J. An anatomybased approach to human muscle modeling and deformation. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 8*, 2, 2002, 154–170.

[7] Zordan V. B., Celly B., Chiu B., Diorenzo, P. C. Breathe easy: model and control of simulated respiration for animation. In *2004 ACM SIGGRAPH / Eurographics Symposium on Computer Animation*, 2004, 29–37.

[8] Nakamura Y., Yamane K., Fujita Y., Suzuki I. Somatosensory computation for man.machine interface from motion-capture data and musculoskeletal human model. In *IEEE Transactions on Robotics*, 2005, vol. 21, 58–66.

[9] Crowninshield R. Use of optimization techniques to predict muscle forces. In *Journal of Biomech. Eng*., 1978, 88–92.

[10] Pandy M. G., Zajac F. E., Sim E., Levine W. S. An optimal control model for maximum-height human jumping. In *Journal of Biomechanics*, 1990, 1185–1198.

[11] Sapio V. D., Warren, J., Khatib O., Delp S. Simulating the tasklevel control of human motion: A methodology and framework for implementation. *The Visual Computer*, 2005.

[12] Thelen D. G., Anderson F. C., Delp S. L. Generating dynamic simulations of movement using computed muscle control. In *Journal of Biomechanics*, 2003, vol. 36, 321–328.

[13] Kawato M., Furukawa K., Suzuki R. A hierarchical neural network model for control and learning of voluntary movement. *Biological Cybernetics 57*, 1987, 169–185.

[14] Kim J., Hemami H. Coordinated three-dimensional motion of the head and torso by dynamic neural networks. *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics*, 1998, B 5, 653–666.

[15] Grzeszczuk R., Terzopoulos D. Automated learning of muscle - actuated locomotion through control abstraction. In *Proceedings of ACM SIGGRAPH 95, Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series*, 1995, 63–70.

[16] Hogan N. Adaptive control of mechanical impedance by coactivation of antagonist muscles. *IEEE Transactions on Automatic Control AC-29 (Aug.)*, 1984, 681– 690.

[17] Neff M., Fiume, E. Modeling tension and relaxation for computer animation. In *ACM SIGGRAPH / Eurographics Symposium on Computer Animation (SCA'02)*, 2002, 81–88.

[18] Allen B., Chu D., Shapiro A., Faloutsos P. On the beat! Timing and tension for dynamic characters. In *Eurographics/ ACM SIGGRAPH Symposium on Computer Animation, ACM*, New York, NY, USA, 2007, 239–247.

[19] Chen D. T., Zeltzer D. Pump it up: Computer animation of a biomechanically based model of muscle using the finite element method. In *Computer Graphics (Proceedings of ACM SIGGRAPH 92)*, 1992, vol. 26, 89–98.

[20] Lee Y., Terzopoulos D., Waters K. Realistic modeling for facial animation. In *Proceedings of ACM SIGGRAPH 95*, Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, 1995, 55–62.

[21] Scheepers F., Parent R. E., Carlson W. E., May S. F. Anatomy-based modeling of the human musculature. In *Proceedings of SIGGRAPH 97*, Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, 1997, 163–172.

[22] Wilhelms J., Gelder A. V. Anatomically based modeling. In *Proceedings of SIGGRAPH 97*, Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, 1997, 173–180.

[23] Ng-Thow-Hing V. *Anatomically-Based Models for Physical and Geometrical Reconstruction of Humans and Other Animals*. PhD thesis, University of Toronto, Department of Computer Science, 2001.

[24] Pai D. K., Sueda S., Wei Q. Fast physically based musculoskeletal simulation. In *Proceedings of Sketches & Applications of ACM SIGGRAPH 2005*, 2005.

[25] Irving G., Teran J., Fedkiw R. Invertible finite elements for robust simulation of large deformation. In *ACM SIGGRAPH / Eurographics Symposium on Computer Animation (SCA'04)*, 2004, 131–140.

[26] Albrecht I., Haber J., Seidel H.-P. Construction and animation of anatomically based human hand models. In *ACM SIGGRAPH / Eurographics Symposium on Computer Animation (SCA'03)*, 2003, 98–109.

[27] Sifakis E., Neverov I., Fedkiw R. Automatic determination of facial muscle activations from sparse motion capture marker data. *ACM Transactions on Graphics 24*, 3 (Aug.), 2005, 417–425.

Зорина Елизавета Владимировна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: elizaweta.zorina@gmail.com

Белов Юрий Сергеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ybs82@mail.ru

E.V. Zorina, Yu.S. Belov

PROBLEMS OF HUMAN ANIMATION IN COMPUTER ANIMATION

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Kaluga, 248000, Russia

The paper gives an overview of the main approaches to human animation in computer animation: keyframe animation, motion capture, physical animation. It is deal with problems of these approaches, limitations and weaknesses. Different technologies in modeling of muscles and soft tissues of man researches are spoken in more detail, the most advanced of them and their limitations are highlighted. In particular, it is analyzed model-based frameworks feedback control, artificial neural networks and muscle models Hill type in muscle modeling researches, and anatomical-based simulation, muscle parametric model, B-splines solids and etc in modeling of soft tissue researches. Conclusions are drawn about perspectives and complexities of human body modeling.

Keywords: *computer animation, human animation, Muscle-Driven motion generation, Soft Tissue Deformation , biomechanics.*

REFERENCES

[1]. Mory M. The uncanny valley. *Energy 7*, 4, 1970, 33–35.

[2]. Bruderlin A., Williams L. Motion signal processing. In *SIGGRAPH '95: Proceedings of the 22nd annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, ACM, New York, NY, USA, 1995, 97–104.

[3]. Witkin A., Popovic, Z. Motion warping. In *SIGGRAPH '95: Proceedings of the 22nd annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, ACM, New York, NY, USA, 1995, 105–108.

[4]. Tsang W., Singh K., Fiume E. Helping hand: An anatomically accurate inverse dynamics solution for unconstrained hand motion. In *ACM SIGGRAPH/ Eurographics Symposium on Computer Animation (SCA'05)*, 2005, 319–328.

[5]. Albrecht I., Haber J., Seidel H.-P. Construction and animation of anatomically based human hand models. In *ACM SIGGRAPH / Eurographics Symposium on Computer Animation (SCA'03)*, 2003, 98–109.

[6]. Dong F., Clapworthy G. J., Krokos M. A., Yao J. An anatomybased approach to human muscle modeling and deformation. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 8*, 2, 2002, 154–170.

[7]. Zordan V. B., Celly B., Chiu B., Diorenzo, P. C. Breathe easy: model and control of simulated respiration for animation. In *2004 ACM SIGGRAPH / Eurographics Symposium on Computer Animation*, 2004, 29–37.

[8]. Nakamura Y., Yamane K., Fujita Y., Suzuki I. Somatosensory computation for man.machine interface from motion-capture data and musculoskeletal human model. In *IEEE Transactions on Robotics*, 2005, vol. 21, 58–66.

[9]. Crowninshield R. Use of optimization techniques to predict muscle forces. In *Journal of Biomech. Eng*., 1978, 88–92.

[10]. Pandy M. G., Zajac F. E., Sim E., Levine W. S. An optimal control model for maximum-height human jumping. In *Journal of Biomechanics*, 1990, 1185–1198.

[11]. Sapio V. D., Warren, J., Khatib O., Delp S. Simulating the tasklevel control of human motion: A methodology and framework for implementation. *The Visual Computer*, 2005.

[12]. Thelen D. G., Anderson F. C., Delp S. L. Generating dynamic simulations of movement using computed muscle control. In *Journal of Biomechanics*, 2003, vol. 36, 321–328.

[13]. Kawato M., Furukawa K., Suzuki R. A hierarchical neural network model for control and learning of voluntary movement. *Biological Cybernetics 57*, 1987, 169–185.

[14]. Kim J., Hemami H. Coordinated three-dimensional motion of the head and torso by dynamic neural networks. *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics*, 1998, B 5, 653–666.

[15]. Grzeszczuk R., Terzopoulos D. Automated learning of muscle - actuated locomotion through control abstraction. In *Proceedings of ACM SIGGRAPH 95, Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series*, 1995, 63–70.

[16]. Hogan N. Adaptive control of mechanical impedance by coactivation of antagonist muscles. *IEEE Transactions on Automatic Control AC-29 (Aug.)*, 1984, 681– 690.

[17]. Neff M., Fiume, E. Modeling tension and relaxation for computer animation. In *ACM SIGGRAPH / Eurographics Symposium on Computer Animation (SCA'02)*, 2002, 81–88.

[18]. Allen B., Chu D., Shapiro A., Faloutsos P. On the beat! Timing and tension for dynamic characters. In *Eurographics/ ACM SIGGRAPH Symposium on Computer Animation, ACM*, New York, NY, USA, 2007, 239–247.

[19]. Chen D. T., Zeltzer D. Pump it up: Computer animation of a biomechanically based model of muscle using the finite element method. In *Computer Graphics (Proceedings of ACM SIGGRAPH 92)*, 1992, vol. 26, 89–98.

[20]. Lee Y., Terzopoulos D., Waters K. Realistic modeling for facial animation. In *Proceedings of ACM SIGGRAPH 95*, Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, 1995, 55–62.

[21]. Scheepers F., Parent R. E., Carlson W. E., May S. F. Anatomy-based modeling of the human musculature. In *Proceedings of SIGGRAPH 97*, Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, 1997, 163–172.

[22]. Wilhelms J., Gelder A. V. Anatomically based modeling. In *Proceedings of SIGGRAPH 97*, Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, 1997, 173–180.

[23]. Ng-Thow-Hing V. *Anatomically-Based Models for Physical and Geometrical Reconstruction of Humans and Other Animals*. PhD thesis, University of Toronto, Department of Computer Science, 2001.

[24]. Pai D. K., Sueda S., Wei Q. Fast physically based musculoskeletal simulation. In *Proceedings of Sketches & Applications of ACM SIGGRAPH 2005*, 2005.

[25]. Irving G., Teran J., Fedkiw R. Invertible finite elements for robust simulation of large deformation. In *ACM SIGGRAPH / Eurographics Symposium on Computer Animation (SCA'04)*, 2004, 131–140.

[26]. Albrecht I., Haber J., Seidel H.-P. Construction and animation of anatomically based human hand models. In *ACM SIGGRAPH / Eurographics Symposium on Computer Animation (SCA'03)*, 2003, 98–109.

[27]. Sifakis E., Neverov I., Fedkiw R. Automatic determination of facial muscle activations from sparse motion capture marker data. *ACM Transactions on Graphics 24*, 3 (Aug.), 2005, 417–425.

Zorina Elizaveta - student; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: elizaweta.zorina@gmail.com

Belov Yuri Sergeyevich - Ph. D., Assoc. Professor of the Department of software, information technologies and applied mathematics; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: ybs82@mail.ru.

М.В. Степаненков , Ю.С. Белов

РАСПОЗНАВАНИЕ ЛИЧНОСТИ ПО ГОЛОСУ: АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

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

В работе приведен аналитический обзор основных результатов работ в области распознавания дикторов за последнее время. Дано описание области применения: в зависимости от конкретной задачи различают верификацию и идентификацию диктора. В первом случае пользователь указывает свой идентификатор, и требуется либо подтвердить его или отказать в подтверждении. Во втором случае необходимо идентифицировать диктора среди множества других дикторов. Приведена оценка показателей эффективности систем верификации, используются такие показатели как: среднегеометрическое, взвешенная сумма стоимости отказа и пропуска, функция минимальной стоимости детектирования ошибки, однако установлено, что наиболее популярна оценка в виде равной вероятности пропуска и отказа (ERR – Equal Error Rate). Выделены ключевые особенности при разработке систем голосовой идентификации: вторжение в систему верификации, субъективная эффективность распознавания диктора, изменчивость.

Ключевые слова: *верификация, идентификация, вероятность пропуска и отказа, речевой сигнал.*

Классификация задач распознавания диктора. Существует две основные задачи – это верификация и идентификация диктора.

В системах санкционирования доступа идентификация диктора может применяться в тех случаях, когда, по условиям эксплуатации, предусматривается проверка личности только одного диктора. В этом случае нет необходимости в указании идентификатора этого диктора. Решение принимается путем сравнения голоса на входе системы идентификации с характеристиками единственного пользователя. Вариант задачи идентификации состоит в идентификации диктора из некоторой группы, а не отдельного диктора (например, при групповом допуске в помещение или доступе к информации). Такая постановка задачи рассматривается в. При проверке принадлежности голоса диктора к группе аккредитованных пользователей, также не нужно указывать идентификатор диктора.

Если в группу дикторов входят как мужчины, так и женщины, то для сокращения перебора сначала выполняется распознавание пола. В зависимости от длительности речевого сигнала и метода распознавания, ошибка

распознавания пола может быть близкой к нулю [1], либо достигать величин 5 – 6% [2].

Если число потенциальных пользователей не слишком велико, то идентификация конкретного диктора также возможна без использования идентификатора. В этом случае поочередно выполняется проверка гипотезы о принадлежности поступившего на вход систем идентификации голоса к каждому из представленных в группе дикторов. Идентификация осуществляется путем выбора того диктора, для которого достигнуто наилучшее значение правдоподобия. Число дикторов, для которых еще возможно использование идентификации вместо верификации, определяется вычислительной мощностью системы и допустимым временем задержки. В случае массового обслуживания, когда число пользователей слишком велико, идентификация практически неприменима.

Верификация диктора может рассматриваться как задача дихотомии: один против всех. Однако конкретные алгоритмы сопоставления параметров целевого диктора с параметрами дикторов в референтной базе могут быть разными. Сравнение параметров может происходить с объединенными параметрами дикторов из референтной базы, поочередно с каждым из дикторов из этой базы, либо с параметрами типичных представителей дикторов из этой базы, найденных путем кластеризации (eigen-voices). Множество самозванцев может быть известно или нет. Это множество устанавливается, если распознавание диктора выполняется среди фиксированной группы.

Ввод идентификатора диктора в системах верификации может осуществляться различными способами. Если пользователь обращается к системе верификации через компьютер, то наиболее простой и надежный способ состоит в использовании алфавитно-цифрового кода или выбора соответствующего идентификатора в меню. Такой способ не снижает устойчивость системы верификации к попыткам злонамеренного вторжения, поскольку идентификатор всего лишь указывает на область значений параметров голоса, с которыми и сравнивается поступивший на вход речевой сигнал.

В качестве идентификатора могут использоваться отпечатки пальцев или изображение радужной оболочки глаза. Эти биометрические параметры могут быть представлены в виде кода, который и служит идентификатором. Поскольку такие системы характеризуются ненулевой ошибкой распознавания, то порог принятия решений должен быть установлен таким образом, чтобы минимизировать вероятность отказа от распознавания. Применение таких способов существенно усложняет систему верификации диктора.

При удаленном доступе, например, по телефонному каналу, в качестве идентификатора может служить номер мобильного телефона, с которого осуществляется запрос. При использовании кабельного телефона общего

пользования идентификатор может быть задан с помощью клавиатуры телефона.

В тех случаях, когда пользователю доступен только микрофон, идентификатор может определяться с помощью системы распознавания речи или путем применения специального устройства, генерирующего последовательность звуковых импульсов. Эта последовательность импульсов должна формироваться в виде уникального кода.

Относительно вида речевых высказываний, на основе которых решается задача распознавания диктора, различают методы, зависящие от текста, и независимые от него. Пространство признаков, в котором выполняется распознавание диктора в большинстве известных систем одно и то же, и не зависит ни от контекста, ни от языка. Анализ таких признаков приводится ниже.

В криминалистике речевые данные произвольны, и поэтому исследование в интересах такого применения сосредоточены на методах распознавания, независимых от контекста. Перенос такого подхода на задачи санкционирования доступа представляется мало перспективным. Считается, что диктору при каждом акте распознавания удобно произносить любые фразы. На самом деле, это требует от диктора каждый раз сознательно формировать новый текст, что создает определенную когнитивную нагрузку. Поэтому в действительности в таких системах пользователи обычно произносят одну и ту же фразу [8]. Это превращает систему распознавания, формально не зависящую от контекста, в систему с фиксированным паролем, обладающую наименьшей устойчивостью к вторжению самозванца с помощью воспроизведения подслушанного и записанного пароля.

Недостаток системы фиксированным паролем состоит еще в том, что каждого диктора пользователя такой пароль произволен, а референтная база дикторов формируется с использованием другого множества высказываний. Такая разница в речевом материале ухудшает эффективность системы распознавания, тогда как создание референтной базы специально для конкретного пароля практически неосуществимо.

Оптимальный компромисс между удобством пользователя и эффективностью системы распознавания состоит в использовании фиксированного словаря, состоящего из небольшого количества слов, хорошо знакомых любому диктору. Такой словарь, например, может состоять из числительных от 0 до 9 [6, 8, 10]. Пароль, состоящий из последовательности таких слов должен случайно изменяться при каждом акте распознавания [15]. Таким образом, избегается опасность вторжения с помощью записанного пароля, свойственная системам с фиксированным паролем. По данным [8], специально подобранный контекст может снизить ошибку в 2 раза по сравнению со словарем числительных.

Технологически системы распознавания разделяются на системы индивидуального и коллективного пользования. При санкционировании, на-

пример, доступа к операционной системе или каким-либо данным в персональном компьютере, распознавание диктора выполняется непосредственно в этом компьютере. При удаленном доступе, например, по телефонному каналу или Интернету, распознавание может осуществляться на сервере с множественным доступом.

Показатели эффективности систем верификации. В число таких показателей входят ошибки первого (вероятность пропуска самозванца) и второго рода (вероятность отказа), вероятность отказа от обучения, взломоустойчивость, реакция на заболевания и алкоголь, действия при многократном отказе, задержка принятия решения.

Вероятность пропуска самозванца указывает на степень защиты от злонамеренного вторжения, тогда как вероятность отказа законному пользователю определяет удобство эксплуатации системы распознавания. В зависимости от темперамента и условий применения разные люди по разному реагируют на отказ. Поэтому при некоторой вероятности отказа, независимо от надежности системы относительно злонамеренного вторжения, пользователь сам откажется от эксплуатации такой системы. Критический уровень вероятности отказа считается 10%, хотя на этот счет не известно достоверных исследований. Согласно статистической теории решений, соотношение между ошибками первого и второго рода зависит от порога принятия решений, которые, в свою, очередь, определяются различными факторами, в том числе и индивидуальными предпочтениями пользователя. В качестве интегральной оценки эффективности системы распознавания диктора рассматривается среднегеометрическое:

$$E_{\text{сг}} = \sqrt{E_{\text{пропуска}} * \text{E}_{\text{отказа}}}.$$

Однако среднегеометрическое - не постоянная величина, и она увеличивается с уменьшением вероятности пропуска до 1 – 2%, делая более предпочтительным отказ перед признанием диктора.

Другая оценка – взвешенная сумма стоимости отказа и пропуска. Это превосходная оценка для реальных систем. Интегральная оценка включает априорные вероятности появления самозванца и риск:

$$\text{E}_{\text{дикт}} = \text{C}_{\text{проп}}\text{P}_{\text{дикт}}\text{P}_{\text{проп}} + \text{C}_{\text{отк}}\text{P}_{\text{сам}}\text{P}_{\text{отк}}$$

где, $P_{дикт}$ $P_{сам}$ - вероятности появления диктора и самозванца, $P_{проп}$ $P_{отк}$- вероятности пропуска самозванца и отказа целевому диктору, $C_{проп}$ $C_{отк}$ - риск (стоимость) пропуска самозванца и отказа целевому диктору.

В этой оценке вероятности появления самозванца и риск должны устанавливаться самим пользователем, что лишает возможности сравнения различных систем распознавания. К тому же, совершенно неясно, на каком

основании должны устанавливаться количественные показатели: $P_{дикт}$ $P_{сам}$ и $C_{проп}$ $C_{отк}$.

Национальный институт стандартов и технологий США (NIST) использует более простую оценку в виде функции минимальной стоимости детектирования ошибки detection cost function (DCF):

$$DCF_{дикт} = 0{,}1P_{проп} + 0{,}99P_{отк}$$

Наиболее популярна оценка в виде равной вероятности пропуска и отказа (ERR – Equal Error Rate). Оценка ошибки как ERR не является полной оценкой характеристик системы распознавания, т.к. основана на произвольном установлении порога принятия решений, но она дает примерное представление о качестве системы, и позволяет сравнивать различные системы. Поэтому ERR можно использовать лишь только при сравнении различных систем, но она не пригодна для оценки конкретной системы. Необходимо также учитывать, что суммарная ошибки – пропуска и отказа, равна удвоенной величине ERR.

Ключевые особенности при разработке систем голосовой идентификации. ***Вторжение в систему верификации.*** С самого начала разработок систем верификации возник вопрос о возможности имитации голоса целевого диктора. Эксперименты с профессиональными имитаторами показали, что успех такой подделки голоса невелик, в частности, как показали исследования France Telecom на большой базе данных, вероятность пропуска имитатора в среднем не превышает вероятности пропуска самозванца из базы данных. Имитаторы лучше всего подделывают интонационный контур и карикатурно подчеркивают явные особенности речи, но глубинные факторы, определяющие индивидуальные свойства речи, имитировать не удается. Голоса родственников одного и того же пола обладают определенным сходством, но даже голоса близнецов, имеющих сходную анатомию речевого тракта, могут различаться по динамике управления [2].

В последнее время разрабатываются методы трансформации одного голоса в другой, и это создает опасность для систем распознавания диктора [12, 11]. Так, в [12] сообщается, что формирование голоса самозванца с помощью преобразования к параметрам пользователя увеличивает ошибку верификации до 50%. Этот новый фактор заставляет пересмотреть распространенные методы анализа речи, и требует использование таких параметров, которые трудно воспроизвести при трансформации голосов.

Подмена голоса целевого диктора может выполняться с помощью записанных скрытным микрофоном или перехваченных в канале связи речевых сигналов. Такое вторжение особенно опасно для систем верификации с фиксированным паролем. Один из способов проверки факта вторжения с помощью записанных речевых сигналов в системах с фиксированным сло-

варем состоит в сравнении двух одинаковых слов или фраз в системах с фиксированным паролем или там, где произнесение диктора управляется самой системой верификации. Если обнаруживается полная идентичность произнесений, то это может свидетельствовать о вторжении. Правда, если такой способ обнаружения вторжения известен злоумышленнику, то он может быть преодолен неоднократной записью одних и тех же слов и использованием другой записи при повторном предъявлении.

Необходимо понимать, что никакой способ борьбы со злонамеренным вторжением дает 100% гарантии, и лишь затрудняет попытки взлома. Например, если в системе верификации злоумышленнику оказывается доступен тот блок, в котором принимается решение, то достаточно подменить код правильного распознавания.

Субъективная эффективность распознавания диктора. При разработке систем автоматического распознавания диктора желательно знать потенциально минимальную вероятность ошибки, и использовать ее в качестве показателя эффективности конкретной системы распознавания. Такой потенциальной вероятностью может служить вероятность ошибки, полученная в экспериментах с распознаванием голосов людьми.

В этих экспериментах выяснилась роль длительности сигнала, подлежащего распознаванию. Конкретные оценки варьируются от исследования к исследованию, но общая тенденция такова: чем длительнее речевой сигнал, тем с большей вероятностью распознается голос диктора. В ранних экспериментах [17] было установлено, что по мере предъявления все более длительных сегментов речи вероятность правильного распознавания возрастает почти вдвое: от 56% для отдельных гласных, до 98% для предложений, и около 87% для двусложных слов. В других экспериментах оценки оказались значительно ниже: 31% для слова "hello", 66% - для фразы и 83% для 30 с речи. Эти ранние результаты затем многократно воспроизводились в последующих работах вплоть до последнего времени. Как упоминалось выше, специальный тест с парным сравнением речевых сигналов длительностью 5 с показал 53% правильного распознавания фонетистами, которым было разрешено пользоваться любыми техническими средствами, и 46% - не фонетистами. В других тестах диапазон оценок составил 38 - 76%. Вероятность ошибки идентификации в экспериментах [5], где требовалось определить, принадлежат ли два предложения одному и тому же диктору, в среднем по дикторам, оказалась близкой к 22%, т.е. около 78% правильной идентификации.

На узнаваемость голоса виляет и то, говорит ли он на родном или не родном языке. В первом случае вероятность правильного распознавания составляет около 95% (ошибка 5%), тогда как во втором – 87% (ошибка 13%, т.е. в два с лишним раза выше).

Форма речевого тракта лучше всего проявляется при нейтральном положении артикуляторных органов. Система управления артикуляцией учи-

тывает особенности анатомии тракта, адаптируя артикуляцию с тем, чтобы акустические параметры речевого сигнала попали в диапазон, характерный для данного языка. Поэтому, чем больше деформируется форма речевого тракта, тем меньший вклад в акустические характеристики вносит анатомия тракта. Ближе всего к нейтральному состоянию соответствует артикуляция гласного /э/. Ошибка распознавания диктора по этому гласному составляет 10%, она возрастает до 14 – 17% для гласных /*а, о, и*/. Хуже всего дикторы распознаются для гласного /*у*/ с ошибкой до 40%. В экспериментах [9] средняя ошибка распознавания диктора, произносящего изолированный гласный /*а*/, составила около 50%.

Влияние голосового источника проявляется в том, что звонкие фрикативные /*з, ж*/ обеспечивают меньшую ошибку распознавания (21 – 26%), чем соответствующие им глухие фрикативные /*с, ш*/ (56 – 63%) и аффрикаты /*ч, ц*/ (46 – 50%) [17]. Форма носовых полостей должна сказываться на характеристиках назальных звуков. Ошибка распознавания диктора по назальному /*м*/ составляет около 38% [17].

В криминалистике иногда требуется указать возраст диктора. Перцептивное восприятие возраста по телефону характеризуется, в среднем, примерно 80% правильных ответов [3]. При этом возраст молодых (18-24 года) людей занижается (64% точных оценок), а пожилых (60-66 лет) – завышается (78% точных оценок). Наиболее точно оценивается возраст в интервале 46 – 52 лет (96% точных оценок). Наиболее точно оценивается принадлежность возраста к одной из трех групп: молодых, среднего возраста и пожилых.

Изменчивость. Параметры речевого сигнала для одного и того же произнесения варьируются как в силу нестабильности произнесения самим диктором (intra-speaker variability), так и вследствие разнообразия внешних условий. К внутренним факторам изменчивости относятся стиль, темп и громкость речи, а также речь на фоне шума. Внешние факторы включают в себя вид и уровень помех в акустическом и электронном канале связи, искажение речевого сигнала приемниками звука и реверберацией помещения. Внешние факторы в виде диалектных особенностей сказываются на условиях формирования референтной базы данных дикторов, с которыми выполняется сравнение при вычислении меры принадлежности голоса целевому диктору.

Помимо обычного, разговорного, стиля речи используется речь с повышенной (hyper articulation) или весьма невнятной артикуляцией (hypo articulation). Стиль речи проявляется в акустических характеристиках речевого сигнала и темпе речи. Темп речи зависит также от длительности высказывания, сложности обсуждаемого предмета, настроения [7] и эмоционального состояния. Известно, что разные люди имеют исходно разный темп речи [13]. Темп зависит от возраста (быстрее всего говорят дикторы в возрасте около 40 лет), пола (мужчины говорят быстрее женщин независи-

мо от длительности фразы), географического происхождения даже в одной и той же стране, при чтении темп ниже, чем при спонтанной речи [4, 7]. Эти факторы также необходимо учитывать при формировании референтной базы дикторов.

Изменение громкости речи диктора приводит к изменении амплитудно-частотных характеристик речевого сигнала. В частности, известен так называемый эффект Ломбарда, состоящий в повышении уровня высокочастотных компонент речевого сигнала при непроизвольном повышении громкости в присутствии помех.

Характеристики голоса диктора подвержены непрерывному изменению во времени, поэтому разница во времени, когда выполнялось обучение, и времени акта распознавания может существенно повлиять на показатели системы верификации. Если распознавание выполняется через несколько недель после обучения, то ошибка удваивается [8]. На голос также влияют состояние здоровья, например, ларингит, заболевания легких.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Ромашкин Ю.Н., Петров Ю.О. *Распознавание пола диктора на основе GMM-модели голоса*, Речевые технологии, 2009, №2, 31-38.

[2]. Sorokin V.N., Makarov I.S. *Gender recognition from vocal source*. Acoustical Physics, 2008, v. 54, N4, 571-578.

[3]. Cerrato L., Falcone M., Paoloni A. *Subjective age estimation of telephonic voices*, Speech Communication, 2000, v. 31, 107-112.

[4]. Doddington G. *Speaker recognition based on idiolectal differences between speakers*. In: Proc. Seventh European Conf. on Speech Communication and Technology (Eurospeech), 2001, 2521–2524.

[5]. Hautamäki V., Kinnunen T., Nosratighods M., Lee K.-A., Ma B., Li H. *Approaching Human Listener Accuracy with Modern Speaker Verification*. Interspeech, 2010, 1473-1476.

[6]. Hennbert J., Melin H., Petrovska D., Genoud D. POLYCOST: *A telephone-speech database for speaker recognition*. Speech Communication, 2000, v. 31, 265-270.

[7]. Jacewicz E., Fox R. A. *Between-speaker and within-speaker variation in speech tempo of American English*. J. Acoust. Soc. Am. 128, 2010, N 2, 839–850.

[8]. Lamel L.F., Gauvain J.L. *Speaker verification over the telephone*. Speech Communication, 2000, v. 31, 141-154.

[9]. Lavner Y., Gath I., Rosenhouse J. *The effects of acoustic modifications on the identification of familiar voices speaking isolated vowels*. Speech Communication, 2000, v.30, 9-26.

[10]. Ortega-Garcia J., Gonzalez-Rodriguez J., Marreo-Aguiar V. AHUMADA: *A large speech corpus in Spanish for speaker characterization and identification*. Speech Communication, 2000, v. 31, 225-264.

[11]. Peskin B., Navratil J., Abramson J., Jones D., Klusäček D., Reynolds D., Xiang B. *Using prosodic and conversational features for high-performance speaker recognition*: report from JHU WS'02. Proc. ICASSP, 2003, v. 4, 792–795.

[12]. Bonastre J.-F., Matrouf D., Fredouille C. *Artificial impostor voice transformation effects on false acceptance rates*. In: Proc. Interspeech 2007 (ICSLP), Antwerp, Belgium, August 2007, 2053–2056.

[13]. Сорокин В.Н. *Синтез речи*. М: Наука, 2007, 243 с.

[14]. Campbell J. P., Shen W., Campbell W.M., Schwartz R., Bonastre J.-F., Matrouf D. *Forensic Speaker Recognition: A need for caution*. IEEE Signal Processing Magazine, 2009, v.95. 45-49.

[15]. SorokinV.N., Tsyplikhin A.I. *Speaker verification using the spectral and time parameters of voice signal*. Journal of Communications Technology and Electronics, 2010, v.55, N12, 1561-1574.

[16]. Рамишвили Г.С. *Автоматическое опознавание говорящего по голосу*. М: Голосовые коммуникации, 2001, 222 с.

Степаненков Михаил Владимирович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: m.step@yandex.ru.

Белов Юрий Сергеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ybs82@mail.ru.

M.V. Stepanenkov , Yu.S. Belov

RECOGNITION OF THE PERSON'S VOICE: ANALYTICAL REVIEW

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Kaluga, 248000, Russia

The paper presents a review of the main results of the analytical work in the field of speaker recognition lately. The description of the application: Depending on the specific task distinguished speaker verification and identification. In the first case, the user specifies an identifier and requires either confirm or deny his confirmation. In the second case it is necessary to identify the speaker from among the many speakers. The assessment of the performance verification systems used indicators such as the geometric mean, the weighted sum of the cost of failure and skip the minimum cost function detecting the error, however, found that the most popular assessment in the form of an equal probability of omission and failure (ERR - Equal Error Rate). Highlights the key features of the development of voice recognition systems: the invasion of a verification system, the subjective recognition efficiency speaker variability.

Keywords: *verification, identification, the probability of missing and speech signal.*

REFERENCES

[1]. Romashkin Yu. N., Petrov Yu. O. *Raspoznavanie pola diktora na osnove GMM-modeli golosa*, Rechevye tehnologii, 2009, №2, pp. 31-38.

[2]. Sorokin V.N., Makarov I.S. *Gender recognition from vocal source.* Acoustical Physics, 2008, v. 54, N4, 571-578.

[3]. Cerrato L., Falcone M., Paoloni A. *Subjective age estimation of telephonic voices*, Speech Communication, 2000, v. 31, 107-112.

[4]. Doddington G. *Speaker recognition based on idiolectal differences between speakers*. In: Proc. Seventh European Conf. on Speech Communication and Technology (Eurospeech), 2001, 2521–2524.

[5]. Hautamäki V., Kinnunen T., Nosratighods M., Lee K.-A., Ma B., Li H. *Approaching Human Listener Accuracy with Modern Speaker Verification*. Interspeech, 2010, 1473-1476.

[6]. Hennbert J., Melin H., Petrovska D., Genoud D. POLYCOST: *A telephone-speech database for speaker recognition*. Speech Communication, 2000, v. 31, 265-270.

[7]. Jacewicz E., Fox R. A. *Between-speaker and within-speaker variation in speech tempo of American English*. J. Acoust. Soc. Am. 128, 2010, N 2, 839–850.

[8]. Lamel L.F., Gauvain J.L. *Speaker verification over the telephone*. Speech Communication, 2000, v. 31, 141-154.

[9]. Lavner Y., Gath I., Rosenhouse J. *The effects of acoustic modifications on the identification of familiar voices speaking isolated vowels*. Speech Communication, 2000, v.30, 9-26.

[10]. Ortega-Garcia J., Gonzalez-Rodriguez J., Marreo-Aguiar V. AHUMADA: *A large speech corpus in Spanish for speaker characterization and identification*. Speech Communication, 2000, v. 31, 225-264.

[11]. Peskin B., Navratil J., Abramson J., Jones D., Klusäček D., Reynolds D., Xiang B. *Using prosodic and conversational features for high-performance speaker recognition*: report from JHU WS'02. Proc. ICASSP, 2003, v. 4, 792–795.

[12]. Bonastre J.-F., Matrouf D., Fredouille C. *Artificial impostor voice transformation effects on false acceptance rates*. In: Proc. Interspeech 2007 (ICSLP), Antwerp, Belgium, August 2007, 2053–2056.

[13]. Sorokin V. N. *Sintez rechi*. M: Nauka, 2007, p. 243.

[14]. Campbell J. P., Shen W., Campbell W.M., Schwartz R., Bonastre J.-F., Matrouf D. *Forensic Speaker Recognition: A need for caution*. IEEE Signal Processing Magazine, 2009, v.95. 45-49.

[15]. SorokinV.N., Tsyplikhin A.I. *Speaker verification using the spectral and time parameters of voice signal*. Journal of Communications Technology and Electronics, 2010, v.55, N12, 1561-1574.

[16]. Ramishvili G. S. *Avtomaticheskoe opoznavanie govoryaschego po golosu*, M: Golosovye kommunikacii, 2001, p. 222.

Stepanenkov Mikhail - student; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: m.step@yandex.ru.

Belov Yuri Sergeyevich - Ph. D., Assoc. Professor of the Department of software, information technologies and applied mathematics; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: ybs82@mail.ru.

УДК 004.657

Д.С. Кирса, Ю.С. Белов

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПАРАЛЛЕЛИЗМА И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

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

В настоящее время фактически на всех современных предприятиях, где нужно хранить какую-либо информацию (например, о сотрудниках, материалах и т.д.) используются базы данных. С каждым днем, объем информации растет, поэтому для того, чтобы найти те или иные данные в СУБД может потребоваться всё большее и большее время. Одним из самых популярных решений в наше время являются распределенные базы данных, где компьютеры в сети "распределенно" обрабатывают запросы. Но этот подход, к тому же, создает дополнительную нагрузку на сеть и на сами вычислительные машины. В связи с этим, необходимо рассмотреть принципиально новые методы параллелизма. В данной статье будут рассмотрены следующие виды параллелизма: на сопроцессорной системе и на видеопроцессоре средствами CUDA. Также, для сравнения, запросы будут проводиться через обычный процессор.

***Ключевые слова**: СУБД, сопроцессор, GPU, параллелизм, алгоритм, эффективность, кортеж, выборка.*

Введение. В настоящее время системы управления базами данных (СУБД) используются практически во всех сферах человеческой деятельности, связанных с хранением и переработкой информации. Возникновение сверхбольших баз данных связано с расширением видов и сфер применения СУБД.

Одной из важнейших характеристик любого вычислительного устройства является его быстродействие. История развития процессоров состоит из постоянного стремления повысить его производительность. Параллельные вычисления используются достаточно давно, но только в последние годы произошло немало событий, повлекших за собой начало быстрого развития технологий многоядерных процессоров.

Фактически единственным эффективным решением проблемы хранения и обработки сверхбольших баз данных является использование параллельных систем баз данных, обеспечивающих параллельную обработку запросов на многопроцессорных вычислительных системах.

Для параллельных систем баз данных с тысячами процессорных узлов особое значение приобретает проблема обеспечения отказоустойчивости и высокой доступности данных, так как вероятность отказа некоторой аппарат-

ной компоненты в таких системах возрастает в тысячи раз. Поэтому параллельные системы баз данных должны быть системами высокой готовности.

В соответствие с вышесказанным является актуальной задача разработки новых архитектур параллельных систем баз данных, способных обеспечить масштабирование системы до нескольких тысяч процессорных узлов, при обеспечении высокой доступности данных и устойчивости к отказам различных аппаратных компонент.

Сравнение актуальных форм параллелизма. В наше время существует несколько форм параллелизма[1], каждая из которых обладает своими преимуществами и недостатками[2]. Рассмотрим эффективность алгоритмов на примере. Возьмем самый часто используемый в базах данных запрос - SELECT. В большинстве случаев, для того, чтобы сделать выборки необходимых данных - пользователь обращается именно к этому запросу.

Алгоритм ЦПУ SELECT. Последовательно обрабатывает каждый кортеж полученного фрагмента исходного отношения, проверяя для него условие выборки. Схема выполнения запроса SELECT представлена на рис. 2. Ниже представлен алгоритм выполнения ЦПУ SELECT[3-4]:

Последовательно просканировав фрагмент отношения, определить размер результата выборки;

Выделить память для хранения результата выборки;

Последовательно просканировав фрагмент отношения, сформировать результат выборки.

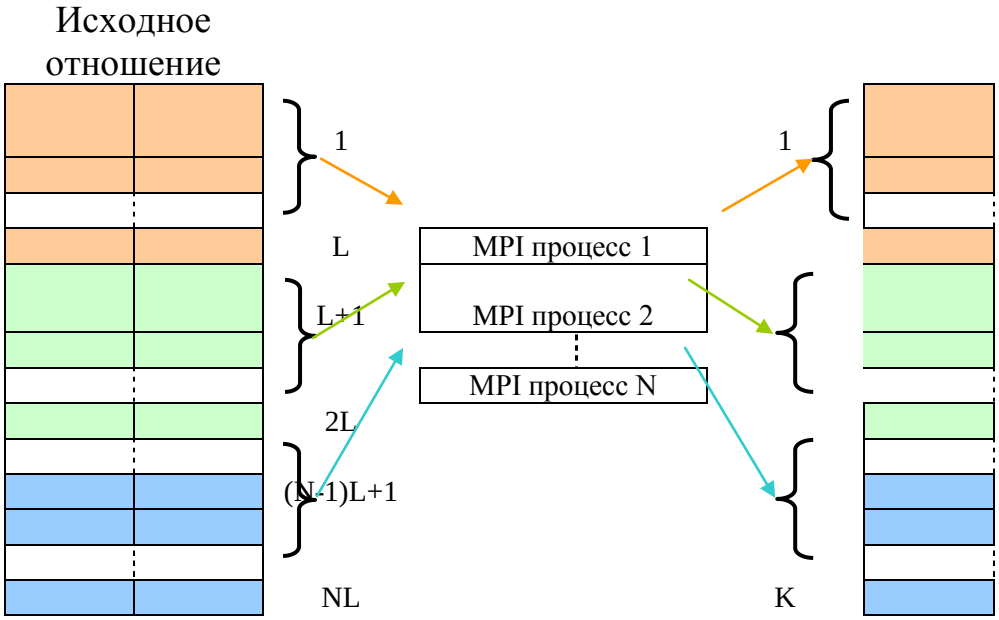


Рис. 2 Схема выполнения запроса ЦПУ Select

Алгоритм ГПУ SELECT. В данном алгоритме[3] кортежи фрагмента исходного отношения распределяются по потокам CUDA так, чтобы был возможен соединенный (coalesced) доступ к глобальной памяти. Для каждого обрабатываемого кортежа проверяется условие выборки. Схема выполнения ГПУ SELECT изображена на рис. 3. Ниже представлен алгоритм выполнения ГПУ SELECT[5-6]:

Определить число потоков в блоке и число используемых блоков;

Подготовить фрагмент отношения в памяти ускорителя;

Использовать ускоритель для определения размера результата выборки для каждого потока CUDA;

Вычислить общий размер результата выборки;

Для каждого потока CUDA вычислить смещения в результате выборки для вставки кортежей;

Подготовить память для хранения результатов выборки на хосте и на ГПУ;

Использовать ГПУ для формирования результата выборки;

Скопировать результат выборки в память хоста;

Освободить используемые ресурсы ускорителя

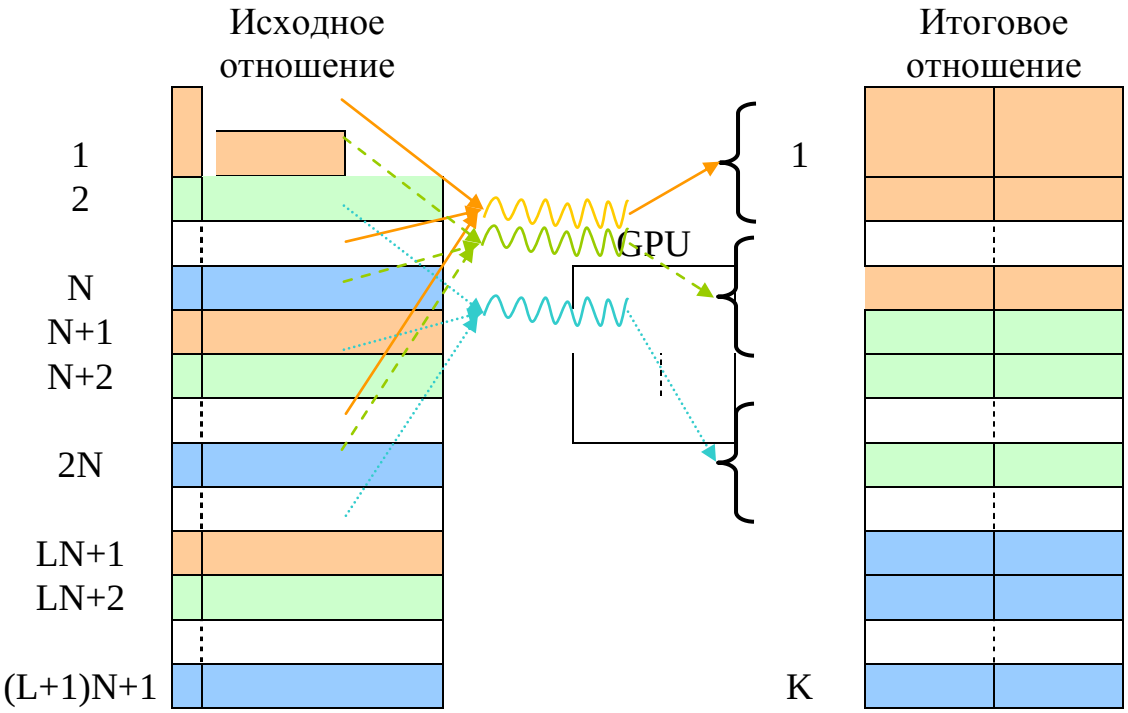


Рис. 3 Схема выполнения запроса ГПУ Select

Алгоритм Manycore SELECT[4]. Использует для выполнения сопроцессоры Intel Xeon Phi. Кортежи фрагмента исходного отношения автоматически распределяются по потокам OpenMP. Схема выполнения Manycore SELECT изображена на рис. 4. Ниже представлен алгоритм Manycore SELECT[7-8]:

Подготовить фрагмент отношения в памяти сопроцессора;

Используя сопроцессор, определить размер результата выборки для каждого потока OpenMP;

Вычислить общий размер результата выборки;

Для каждого потока OpenMP вычислить смещения в результате выборки для вставки кортежей;

Сформировать выборку на сопроцессоре;
Скопировать результат в память хоста;
Освободить ресурсы сопроцессора.

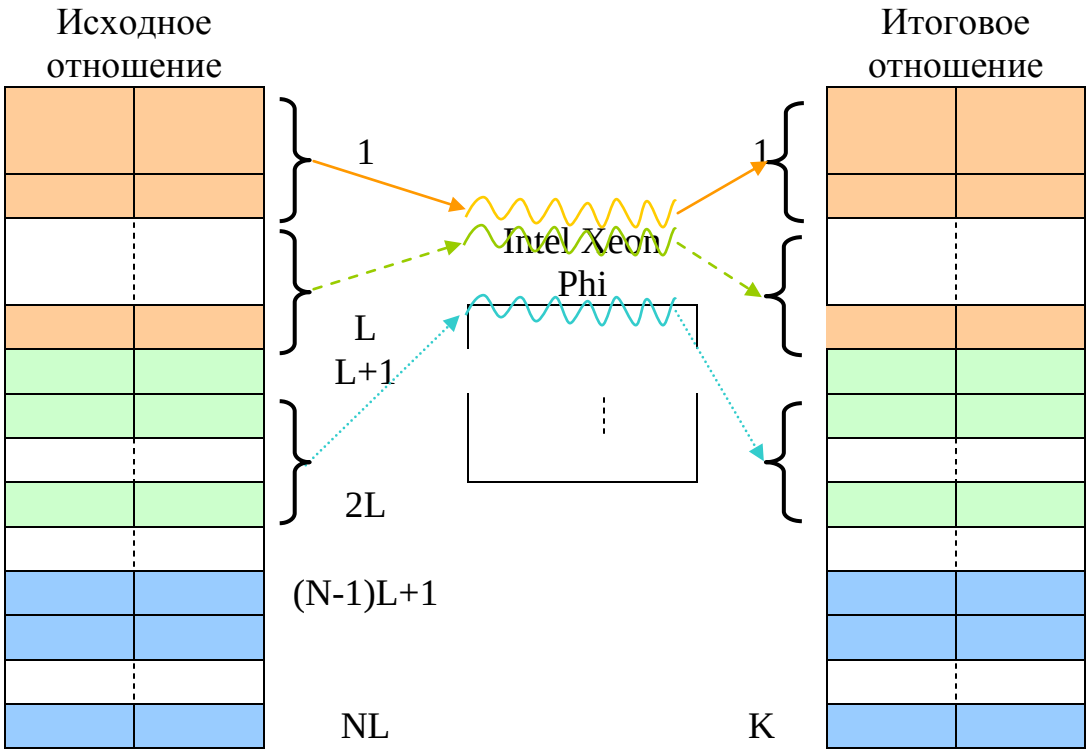


Рис. 4 Схема выполнения запроса ManyCore Select

Вкратце рассмотрев данные алгоритмы и их схемы, казалось бы, самым простым решением является алгоритм ЦПУ Select, который предполагает обработку данных через процессор. Но так ли это на самом деле? Проведя вычислительные эксперименты, с одинаковым набором данных, были получены результаты, которые отображены на рис. 5,6,7.

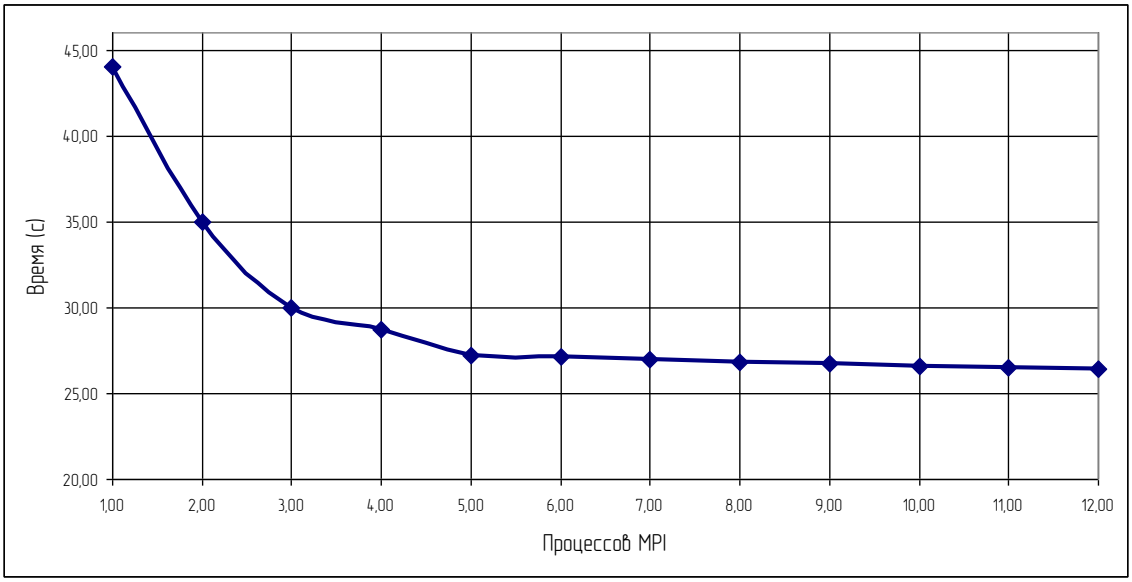


Рис. 5 Время выполнения алгоритма ЦПУ Select

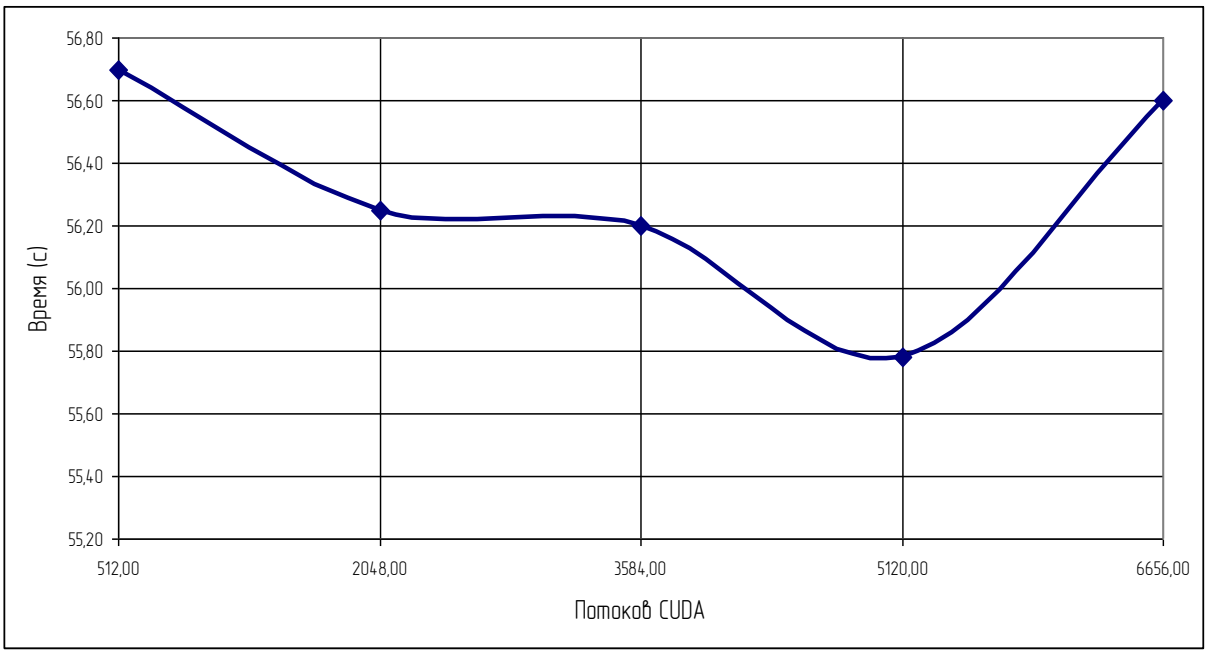


Рис 6. Время выполнения алгоритма GPU Select

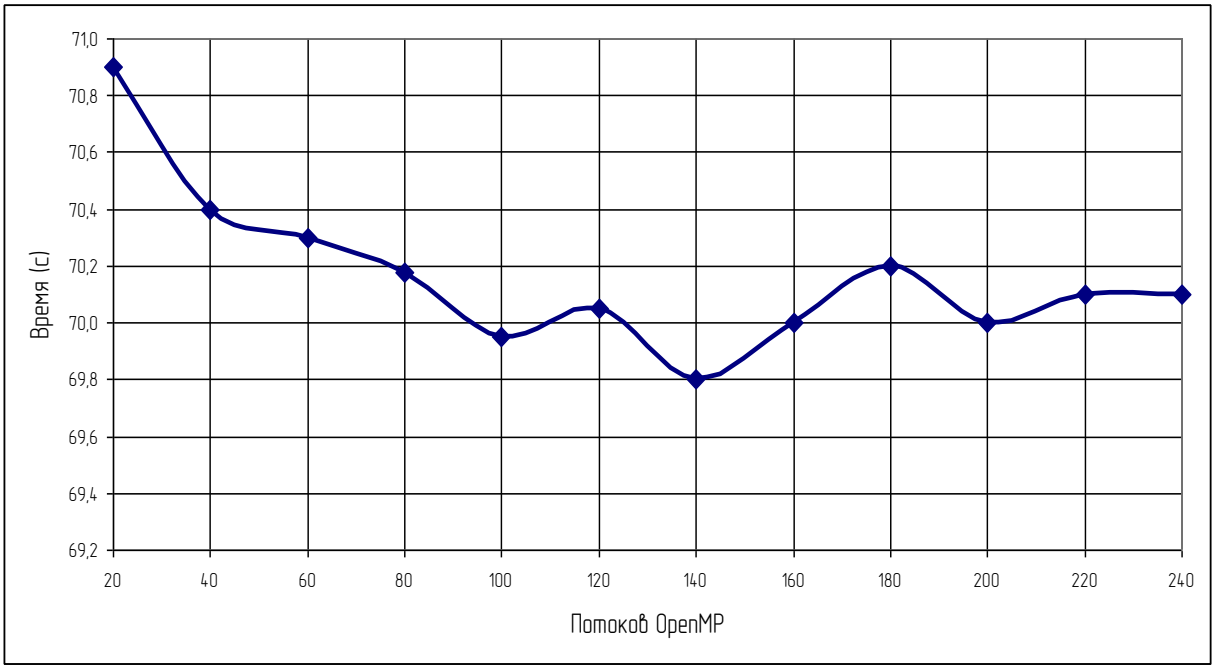


Рис. 7 Время выполнения алгоритма ManyCore Select

Вне зависимости от числа используемых узлов кластера, время выполнения запроса с использованием ГПУ и Intel Xeon Phi превышает время выполнения запроса с использованием только центрального процессора. Таким образом, использование сопроцессоров для смоделированного варианта запроса SELECT менее эффективно, чем использование центральных процессоров. Это связано с тем, что имеющиеся накладные расходы значительно превышают сокращение непосредственного времени (то есть, без учета времени передачи данных по сети и на сопроцессор/ГПУ) выполне-

ния запросов, вызванного использованием сопроцессоров или графических ускорителей. В статьях [9-10] рассматриваются специфичные методы работы с GPU, но они, пока, нам будут не интересны.

Заключение. Проведя научные эксперименты с базами данных, на данный момент можно сделать вывод - на данном этапе развития компьютерной техники, использование других средств, таких как ГПУ и сопроцессоров, не является достаточно эффективным, учитывая накладные расходы на данное оборудование. Пока что, хорошие процессоры как на центральном сервере, так и на распределенных системах, неплохо справляются со своей задачей. Но, стоит учитывать, что развитие процессоров началось гораздо раньше, и потому в наше время они являются в отношении производительность/цена одними из самых эффективных. Стоит предположить, что развитие графических процессоров догонит развитие процессорных систем, и новые алгоритмы будут иметь место своему существованию.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Параллельные алгоритмы реляционного соединения на графическом процессоре: [Электронный ресурс]. [2011]. URL: http://technomag.edu.ru/doc/234879.html (дата обращения: 14.09.2014). (дата обращения 26.01.2015).

[2]. Студенческий научный форум: [2011]. URL: http://www.rae.ru/forum2011/153/1793 (дата обращения: 15.09.2014).

[3]. Padhy R.P., Patra R.M. Satapathy S.C. RDBMS to NoSQL: Reviewing Some Next-Generation Non-Relational Database's. *International Journal of Advanced Engineering Sciences and Technologies*, 2011, Vol. 11 (1), pp. 15-30.

[4]. He B., Lu M., and Yang K. Relational joins on graphics processors. *New York: ACM SIGMOD international conference on Management of data*, 2008, pp. 511-524

[5]. He B., Yu J.X. High-throughput transaction executions on graphics processors. *5th ed. Washington: VLDB Endowment*, 2011, pp. 314-325

[6]. Heimel M., Volker M. A first step towards GPU-assisted query optimizations. *Istanbul*, 2012. pp. 1-12.

[7]. Orend K. Analysis and Classification of NoSQL Databases and Evaluation of their Ability to Replace an Object-relational Persistence Layer: Master's Thesis. *Technische Universitat Munchen*, 2010, 100 p.

[8]. Kim C., Chhugan J., and Satish N. Designing fast architecture-sensitive tree search on modern multicore/manycore processors. *4th ed. ACM Trans. Database Syst*, 2011, pp. 22:1–22:34.

[9]. Lipcon, T. Design *Patterns for Distributed Non-Relational Databases*. URL: http://static.last.fm/johan/nosql-20090611/intro_nosql.pdf (дата обращения: 16.02.2015).

[10]. Merrill D.G., Grimshaw A.S. Rewriting sorting for GPGPU stream architectures *Vienna*, 2010, pp. 545-546.

Кирса Дмитрий Сергеевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: dkirsa@outlook.com.

Белов Юрий Сергеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ybs82@mail.ru

D.S.Kirsa, Yu. S. Belov

MODERN METHODS OF PARALLELISM AND THEIR EFFICIENCY

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Kaluga, 248000, Russia

Currently, virtually all modern facilities, where you need to store some information (such as employees, materials, etc.) used by the database. With each passing day, the amount of information grows, so in order to find some data in the database may be required, more and more time. One of the most popular solutions in our time are distributed databases dan-tions, where computers on the network "distribution" process requests. But this approach also creates additional load on the network and computing wave to yourself-HN. In this connection, it is necessary to consider new methods essentially overlap. This article will cover the following types of parallelism: on the coprocessor system and video processor means CUDA. Also, for comparison, the requests will be performed through a conventional processor.

Keywords*: database, coprocessor, GPU, parallelism, the algorithm efficiency, tuple sampling.*

Kirsa D.S. - student of the Bauman Moscow State Technical University (the Kaluga Branch). E-mail: dkirsa@outlook.com

Belov Yuri Sergeyevich - Ph. D., Assoc. Professor of the Department of software, information technologies and applied mathematics; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: ybs82@mail.ru.

УДК 004.942

Д.С.Самохин, Ю.С. Белов

ТРЕНИЕ И ТЕПЛОВОЙ ПОТОК ПРИ СВЕРХЗВУКОВОМ ОБТЕКАНИИ ОБРАТНОЙ СТУПЕНЬКИ ВЯЗКИМ ГАЗОМ.

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

В данной статье приведены результаты численных исследований трения и теплового потока при сверхзвуковом обтекании обратной ступеньки вязким газом. Численные исследования проводились при помощи пакета программ численного решения системы уравнений Навье-Стокса Fluent. В статье представлены зависимости трения и теплового потока от высоты ступеньки, зависимости трения и теплового потока от числа Рейнольдса, а также зависимости давления от высоты ступеньки и числа Рейнольдса. Эти исследования представляют практический интерес, так как при сверхзвуковых скоростях происходит обгорание острых кромок и знание теплового потока в области острой кромки может помочь сделать хорошую теплозащиту. Также в статье исследованы условия, при которых возникает вторичный отрыв за угловой точкой при сверхзвуковом вязком обтекании обратной ступеньки. В статье приведены числа Рейнольдса, при которых начинается возникновение вторичного отрыва.

Ключевые слова: *обратная ступенька, поверхностное трение, тепловой поток, давление, вторичный отрыв.*

Целью данной работы является численное исследование поведения вязкости и теплового потока в области угловой точки при сверхзвуковом обтекании обратной ступеньки и угла разряжения вязким газом.

Численное исследование производилось при помощи пакета программ решения полной системы уравнений Навье-Стокса, разработанного в НИО-8 ЦАГИ, а также при помощи коммерческого пакета программ Fluent. Исследование производилось в двумерной постановке и в предположении о том , что течение всюду является ламинарным.

В данной работе было изучено влияние высоты ступеньки на поведение теплового потока и трения. Также было изучено влияние высоты ступеньки на образование вторичного отрыва.

Было выявлено влияние числа Рейнольдса на значения теплового потока и трения и на образование вторичного отрыва при различных значениях высоты ступеньки.

Геометрии с острыми кромками часто встречаются в летательных аппаратах. При полете при сверхзвуковой скорости пик теплового потока приходится на острую кромку, т.е. возможно обгорание последней. Результаты, полученные в данной работе, позволяют вычислить тепловой поток в острой кромке, а следовательно предложить хорошую теплозащиту для острых кромок. Также в работе проводится исследование вторичного отрыва, который возникает при сверхзвуковом обтекании обратной ступеньки. Эти исследования имеют теоретическую ценность.

Расчетная область и граничные условия при обтекании обратной ступеньки сверхзвуковым потоком вязкого газа. Решалась задача обтекания обратной ступеньки сверхзвуковым потоком вязкого газа при следующих значениях параметров: число Рейнольдса, рассчитанное по длине пластины до угловой точки, $Re=10^4 \div 10^5$, число Маха набегающего потока M=5, число Прандтля Pr=2/3, температурный фактор T_w=0.1-1, показатель адиабаты γ=5/3, закон вязкости $\mu \sim T^{\omega}$. В расчетной области начало координат (x=-1) совпадает с началом неотклоненной части пластины, точка отклонения угла расположена при x=0, правая граница расчетной области x=1 (x, y – декартовы координаты). Размер расчетной области в поперечном направлении был равен y=1.5. На левой границе ставились граничные условия невозмущенного набегающего потока. Верхняя граница расчётной области выбиралась так, чтобы граничные условия также являлись условиями набегающего потока. Правая граница бралась на достаточно большом расстоянии, чтобы ошибка в мягких граничных условиях на этой границе ($\partial F/\partial\xi=0$, F= u, v, p, T, где ξ – нормаль к правой границе) практически не влияла на решение задачи в окрестности зоны отрыва. На твердой поверхности выполнялись условия для скорости u=0, v=0, а для температуры граничные условия $T=T_w'$, где η – нормаль к поверхности, а T_w' – значение температуры поверхности $T_w' = T_w (1+0.5(\gamma-1)M^2))$. Для определения давления на поверхности использовалась аппроксимация $\partial p/\partial\eta=0$ со вторым порядком точности.

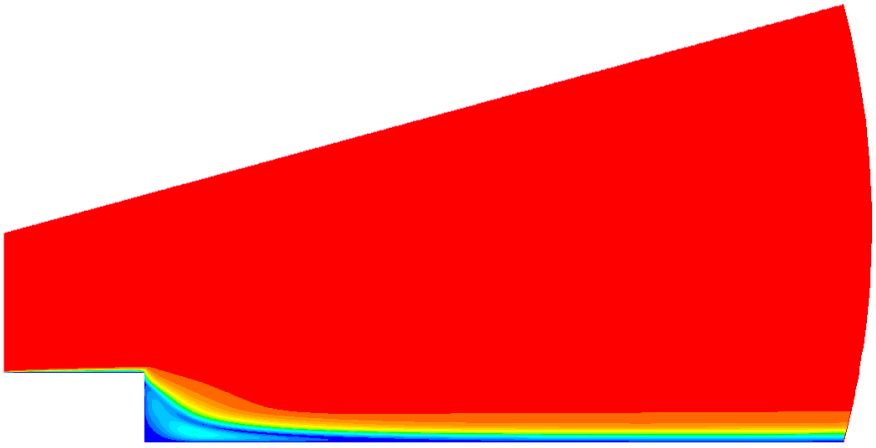


Рис.1.Расчетная область при решении задачи сверхзвукового вязкого обтекания обратной ступеньки.

Расчетные сетки при сверхзвуковом обтекании обратной ступеньки вязким газом. Расчеты производились с использованием сеток с различным количеством узлов по продольной и поперечной координате: 400x100 и 600x150 и сгущенных к поверхности. Демонстрационный вариант расчетной сетки размером 110x50 для обратной ступеньки изображен на рис.16-17.

Для наиболее хорошего разрешения пограничного слоя было произведено сгущение вблизи твердой поверхности с числом узлом равным ~20% ÷ 40% от общего числа узлов по поперечному направлению. С целью получения наиболее точных результатов для теплового потока и трения в окрестности угловой точки и области возникновения вторичного отрыва, сгущение по продольной координате производилось, главным образом, в области угловой точки и области возникновения вторичного отрыва. При этом количество узлов, выделенное на эту область, варьировалось от 10 до 120. Для того чтобы избежать разрыва масштаба, по бокам области сгущения было создано еще две области такого же продольного размера, при помощи которых осуществлялся плавный переход от шага в остальных частях расчетной области к более мелкому шагу в области сгущения. Размер шага в этих областях менялся по закону геометрической прогрессии. Количество узлов по продольной координате, выделенное на остальную часть расчетной области, оставалось неизменным и равнялось 140. При этом узлы были распределены равномерно. Для того, чтобы убедится в правильности решения, расчеты производились с использованием сеток различной размерности. При этом была достигнута сеточная сходимость, т.е. результаты, полученные на сетках с большим количеством узлов мало отличались от результатов, полученных на сетках с меньшим количеством узлов.

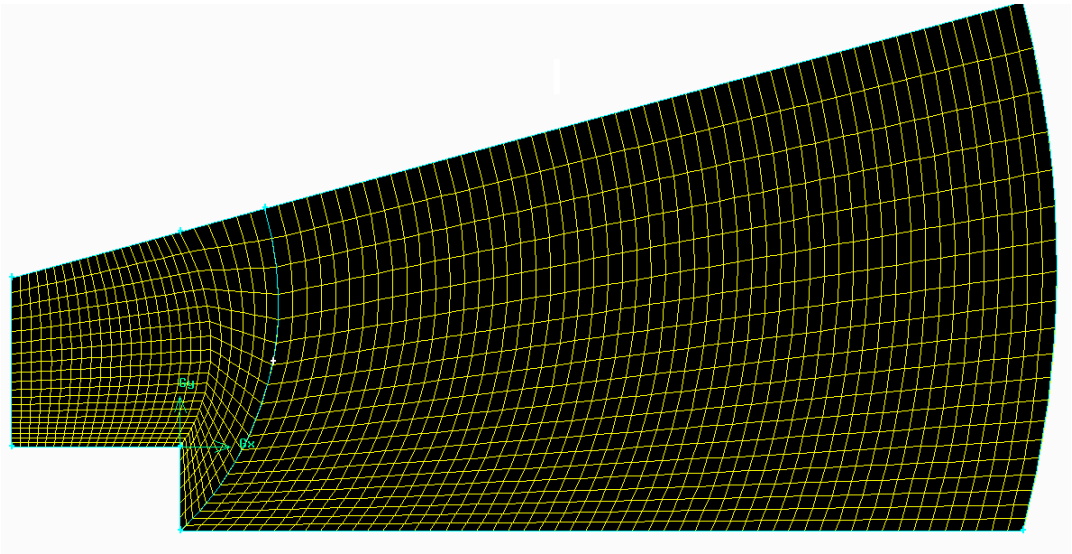


Рис.2. Расчетная сетка при численном решении задачи сверхзвукового вязкого обтекания обратной ступеньки.

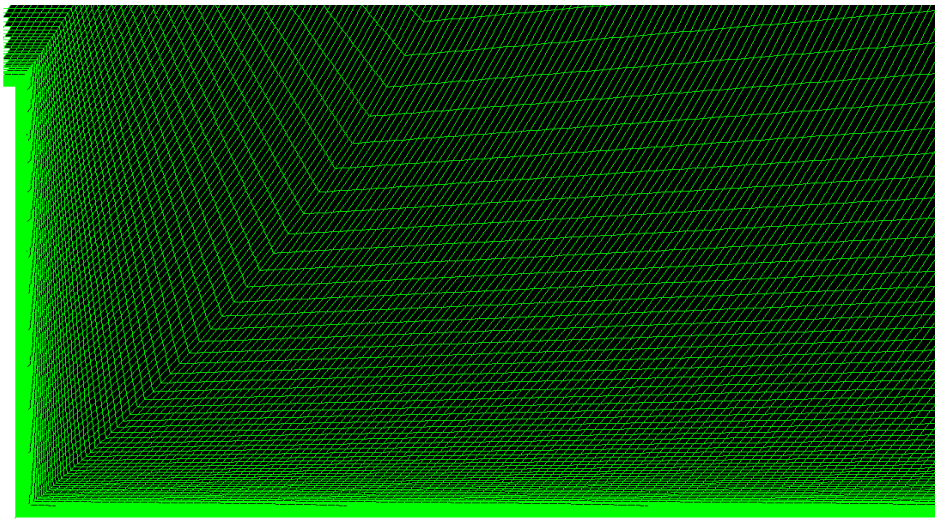


Рис.3. Область сгущения в пристеночной зоне для лучшего разрешения пограничного слоя.

Методика численного исследования. ***Численное исследование проводилось на основе пакета программ решения двумерных уравнений Навье–Стокса методом установления по времени, разработанного в ЦАГИ.***

Уравнения Навье–Стокса в случае двумерной задачи (плоскопараллельное течение), решаемой в произвольной криволинейной системе координат ξ, η записываются в дивергентной форме:

$$\frac{\partial \mathbf{Q}}{\partial t}+\frac{\partial \mathbf{E}}{\partial \xi}+\frac{\partial \mathbf{G}}{\partial \eta}=0\,.$$

Здесь $\mathbf{Q}$ – вектор консервативных зависимых переменных задачи, $\mathbf{E}$ и $\mathbf{G}$ – векторы потоков в криволинейной системе координат. Векторы $\mathbf{Q}$, $\mathbf{E}$, $\mathbf{G}$ связаны с соответствующими векторами $\mathbf{Q}_c$, $\mathbf{E}_c$, $\mathbf{G}_c$ в декартовой системе координат $x = x(\xi,\eta)$, $y = y(\xi,\eta)$ формулами

$$\mathbf{Q}=J\mathbf{Q}_c,\ \mathbf{E}=J\left(\mathbf{E}_c\frac{\partial\xi}{\partial x}+\mathbf{G}_c\frac{\partial\xi}{\partial y}\right),\ \mathbf{G}=J\left(\mathbf{E}_c\frac{\partial\eta}{\partial x}+\mathbf{G}_c\frac{\partial\eta}{\partial y}\right),$$

где $J=\dfrac{\partial(x,y)}{\partial(\xi,\eta)}$ – якобиан преобразования.

Декартовы компоненты векторов $\mathbf{Q}_c$, $\mathbf{E}_c$, $\mathbf{G}_c$ для двумерных уравнений Навье–Стокса имеют вид:

$$\mathbf{Q}_c=\begin{Vmatrix}\rho\\ \rho u\\ \rho v\\ e\end{Vmatrix},\ \mathbf{E}_c=\begin{Vmatrix}\rho u\\ \rho u^2+p-\tau_{xx}\\ \rho uv-\tau_{xy}\\ \rho uH-u\tau_{xx}-v\tau_{xy}+q_x\end{Vmatrix},\ \mathbf{G}_c=\begin{Vmatrix}\rho v\\ \rho uv-\tau_{xy}\\ \rho v^2+p-\tau_{yy}\\ \rho vH-u\tau_{xy}-v\tau_{yy}+q_y\end{Vmatrix},$$

где ρ – плотность, u, v – декартовы компоненты вектора скорости $\mathbf{V}$, p – давление, $e=\rho(c_vT+(u^2+v^2)/2)$ – полная энергия на единицу объема,

$H=c_pT+(u^2+v^2)/2$ – полная энтальпия, c_p и c_v – удельные теплоемкости при постоянном давлении и объеме, λ – коэффициент теплопроводности, μ – динамической коэффициент вязкости, τ – тензор вязких напряжений с компонентами

$$\tau_{xx}=\mu(2\frac{\partial u}{\partial x}-\frac{2}{3}\mathrm{div}\mathbf{V}),\ \tau_{xy}=\tau_{yx}=\mu(\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}),\ \tau_{yy}=\mu(2\frac{\partial v}{\partial y}-\frac{2}{3}\mathrm{div}\mathbf{V}),$$

q – вектор теплового потока с компонентами $q_x=-\lambda\frac{\partial T}{\partial x}$, $q_y=-\lambda\frac{\partial T}{\partial y}$.

Система уравнений замыкается уравнением состояния для совершенного газа

$$p=\rho RT/m$$

где R–универсальная газовая постоянная, m–молярный вес газа. Коэффициенты переноса определяются следующим образом: динамический коэффициент вязкости в зависимости от температуры изменяется по степенному закону $\mu/\mu_\infty=(T/T_\infty)^\omega$, а число Прандтля принимается постоянным $\mathrm{Pr}=\mu c_p/\lambda$.

Безразмерное напряжение трения после введения безразмерных переменных (используемых далее) $\bar{x}=x/L$, $\bar{y}=y/L$, $\bar{u}=u/u_\infty$, $\bar{v}=v/u_\infty$, $\bar{t}=tu_\infty/L$, $\bar{\rho}=\rho/\rho_\infty$, $\bar{p}=p/\rho_\infty u_\infty^2$, $\overline{p_\infty}=1/\gamma M_\infty^2$, $\bar{T}=T/T_\infty$, $\bar{\mu}=\mu/\mu_\infty=\left(T/T_\infty\right)^\omega=\bar{T}^\omega$, где L – расстояние от начала пластины до угловой точки записывается в виде $C_f=\overline{\tau_{xy}}=\frac{\tau_{xy}}{\rho_\infty u_\infty^2}=\frac{\bar{\mu}}{\mathrm{Re}}(\frac{\partial\bar{u}}{\partial\bar{y}}+\frac{\partial\bar{v}}{\partial\bar{x}})$, а число $\mathrm{Re}=\frac{\rho_\infty u_\infty L}{\mu_\infty}$.

Начально-краевая задача решалась численно методом установления по времени на основе интегро-интерполяционного метода (метода конечного объема). При аппроксимации конвективной составляющей векторов потоков в полуцелых узлах использована неявная монотонная схема типа Годунова и приближенный метод Роу решения задачи Римана о распаде произвольного разрыва. Для повышения порядка аппроксимации до второго при интерполяции зависимых переменных на грань элементарной ячейки использован принцип минимальных производных . При аппроксимации диффузионной составляющей векторов потоков на грани элементарной ячейки применена разностная схема типа центральных разностей второго порядка точности. Для решения нелинейных сеточных уравнений использовался модифицированный метод Ньютона–Рафсона. Решение системы линейных алгебраических уравнений осуществлялось при помощи метода минимальных невязок GMRES(k) .

Давление в области угловой точки при сверхзвуковом вязком обтекании обратной ступеньки. На рис.4. изображены графики зависимости давления по продольной координате от высоты ступеньки. Измерения производились при следующих параметрах набегающего потока: число Маха M=5, число Прандтля Pr=2/3,число Рейнольдса, рассчитанное по длине пластины до угловой точки Re=1x10^5 , температурный фактор T_w=0.1-1, высота ступеньки варьировалась от h=0.1 до h=0.5.

Как видно из графиков, изображенных на рис., в области угловой точки наблюдается резкий перепад давления, причем величина этого перепада тем больше, чем больше высота ступеньки. Данные выводы справедливы как для температурного фактора 0.1, так и для температурного фактора 1. Расчеты были выполнены для сеток различной размерности(400x100;600x150). Результаты, полученные на этих сетках совпали, что говорит о хорошей точности решения.

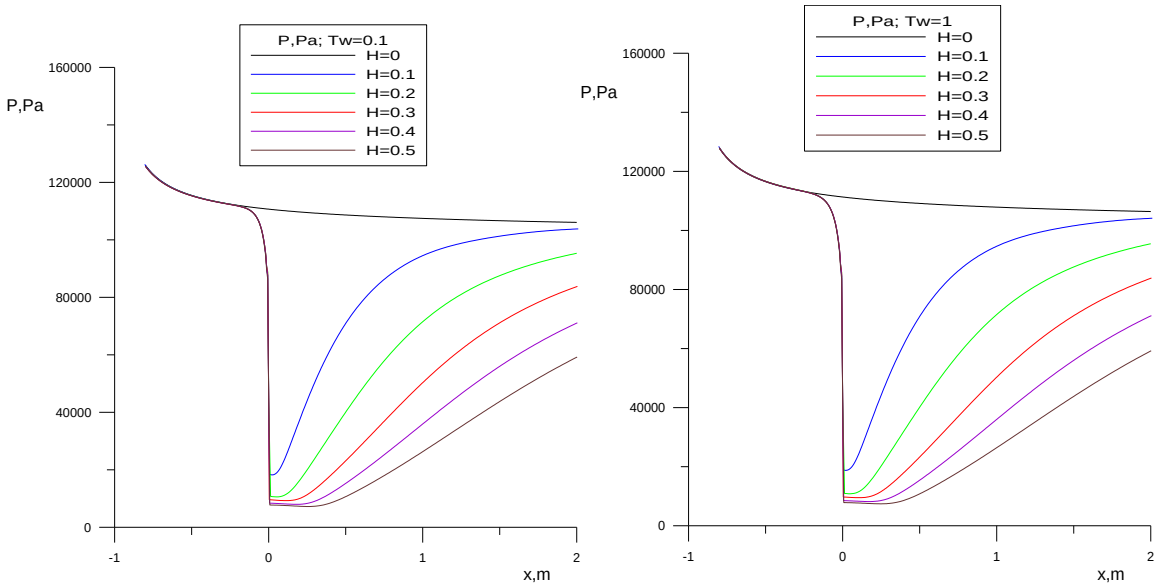


Рис.4.Зависимость давления от высоты ступеньки при различных значениях температурного фактора.(Re=10^5).

Зависимость трения от высоты ступеньки.На рис.5 приведены графики зависимости производной du/dn от высоты ступеньки в области угловой точки. Исходя из того факта, что трение $\tau = \mu du/dn$, где μ динамический коэффициент трения, можно заключить, что графики трения качественно не будут отличатся от графиков производной du/dn. Расчеты производились при следующих параметрах набегающего потока: число маха M=5, число Рейнольдса, рассчитанное по длине пластины до угловой точки, Re=10^5; число Прандтля Pr=2/3.Температурный фактор принимает следующие значения: $T_w = 0.1$ и $T_w = 1$.

Как видно из графиков, представленных на рис. 5, максимальное значение трения тем больше, чем меньше высота ступеньки. Данный резуль-

тат справедлив как для температурного фактора 0.1, так и для температурного фактора 1. Также в области угловой точки наблюдается перепад в значении трения. Этот перепад тем больше, чем меньше высота ступеньки. Это справедливо как для температурного фактора 0.1, так и для температурного фактора 1.

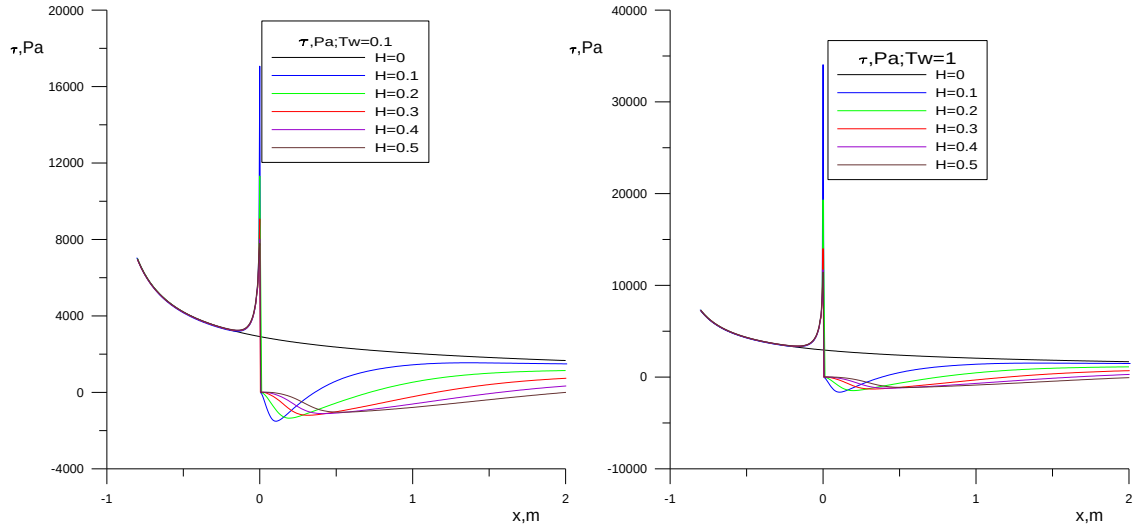


Рис.5.Зависимости трения от высоты ступеньки при различных значениях температурного фактора.(Re=10^5).

Зависимость теплового потока от высоты ступеньки.На рис.6. приведены графики зависимости теплового потока от высоты ступеньки. Численное моделирование производилось при следующих параметрах набегающего потока: число Маха M =5, число Рейнольдса, рассчитанное по длине пластины до угловой точки, Re=10^5 , число Прандтля Pr=2/3, температурный фактор принимает значения $T_w = 0.1$ и $T_w = 1$. Высота ступеньки варьируется от h=0.1 до h=0.5.

результат справедлив как для температурного фактора 0.1, так и для температурного фактора 1. Также в области угловой точки наблюдается резкий перепад теплового потока. Величина этого перепада тем больше, чем меньше высота ступеньки.

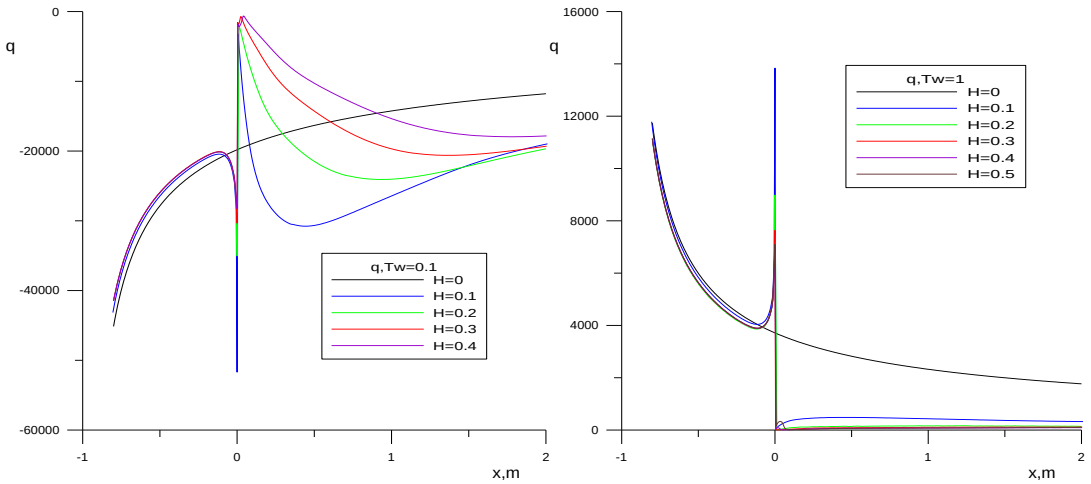


Рис.6. Зависимость теплового потока от высоты ступеньки при различных значениях температурного фактора.(Re=10^5).

Зависимость перепада давления в области угловой точки от числа Рейнольдса. На рис.7. изображены графики зависимости давления от числа Рейнольдса. Численное моделирование производилось при следующих параметрах набегающего потока: число Маха M=5; число Прандтля Pr=2/3;температурный фактор принимает значения 0.1 и 1. Число Рейнольдса, рассчитанное по длине пластины до угловой точки, принимает значения 10^4 и 10^5. Высота ступеньки принимает значения 0.1 и 0.5.

Как видно из графиков, изображенных на рис.7. , в области угловой точки наблюдается резкий перепад давления, причем величина этого перепада слабо зависит от числа Рейнольдса. Этот вывод справедлив для различных значений температурного фактора и различных значений высоты ступеньки.

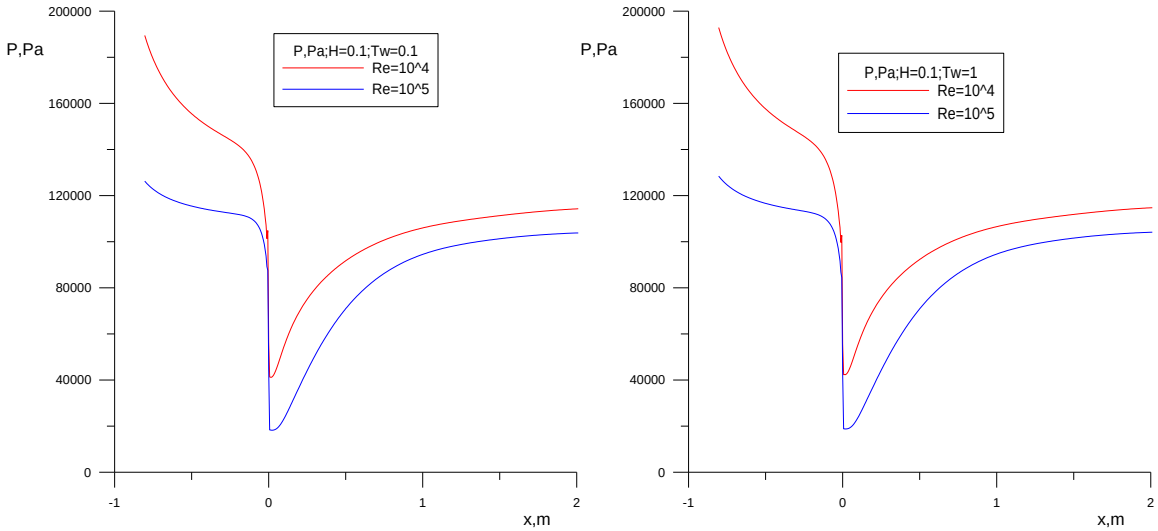


Рис.7. Распределения давления при различных числах Рейнольдса(Tw=0.1,1;H=0.1).

Зависимость возникновения вторичного отрыва от высоты ступеньки.На таблице 1 приведены значения чисел Рейнольдса, при которых возникает вторичный отрыв. Чисcленное исследование производилось при следующих параметрах набегающего потока: число Маха M=5; число Прандтля Pr=2/3; температурный фактор принимает значения $T_w = 0.1$ и $T_w = 1$; высота ступеньки варьируется от h=0.2 до h=0.5.

Как видно из таблицы вторичный отрыв на ступеньках с большей высотой возникает при меньших числах Рейнольдса, чем на ступеньках с более маленькой высотой. Это справедливо как для температурного фактора 0.1, так и для температурного фактора 1.

h(m)	$T_w = 0.1$ 400x100	$T_w = 0.1$ 600x150	$T_w = 1$ 400x100	$T_w = 1$ 600x150
0.2	$6.7x10^5$	$6.45x10^5$	$7x10^5$	$6.7x10^5$
0.3	$4.75x10^5$	$4.45x10^5$	$5x10^5$	$4.7x10^5$
0.4	$3.45x10^5$	$3.65x10^5$	$3.7x10^5$	$3.6x10^5$
0.5	$2.8x10^5$	$2.9x10^5$	$3x10^5$	$2.9x10^5$

Таблица 1.Значения чисел Рейнольдса, при которых возникает вторичный отрыв.

Трение и давление при Re=10^6.На рис.8. изображены графики зависимости трения и давления при сверхзвуковом обтекании обратной ступеньки вязким газом. Численное моделирование производилось при следующих параметрах набегающего потока: число Маха M=5; число Рейнольдса, рассчитанное по длине пластины до угловой точки Re=10^6 ; температурный фактор принимает значения 0.1 и 1; число Прандтля Pr=2/3; высота ступеньки варьируется от h=0.1 до h=0.5.

Как видно из графиков, изображенных на рис.8, трения достигает своего максимального значения в области угловой точки. Пиковое значение трения тем больше, чем меньше высота ступеньки. Также наблюдается резкий скачок трения за угловой точкой. Перепад в значениях трения тем

больше, чем меньше высота ступеньки. Эти результаты справедливы как для температурного фактора 0.1 так и для температурного фактора 1.

При температурном факторе 0.1 наблюдаются флуктуации трения и давления до угловой точки.

На графиках давления, изображенных на рис.8, наблюдается резкий перепад давления за угловой точкой. Величина этого перепада тем больше, чем больше высота ступеньки.

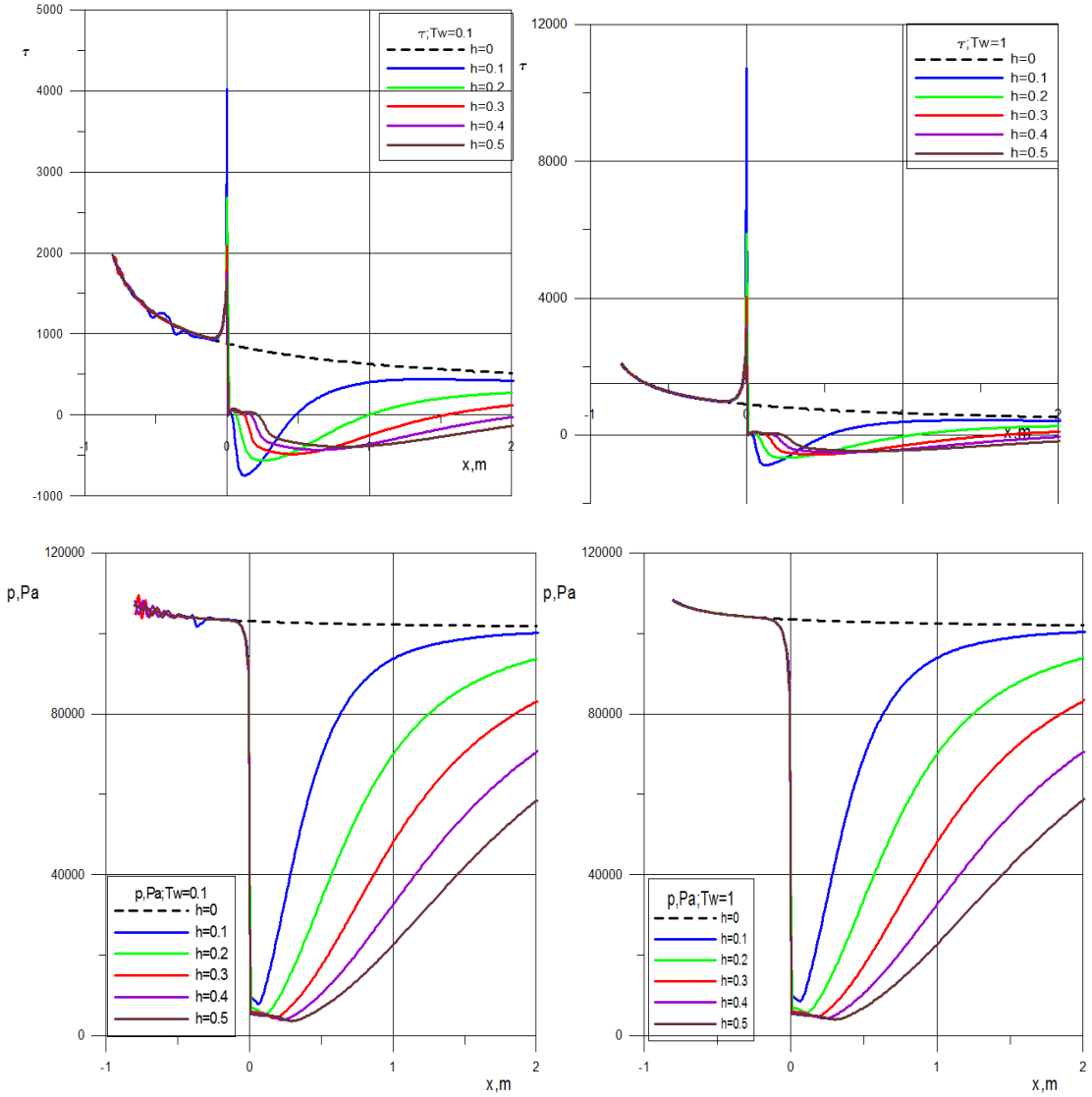


Рис.8.Распределение трения давления в области угловой точки(Re=10^6).

Заключение. На основе численного решения двухмерных уравнений Навье-Стокса было произведено численное исследование сверхзвукового вязкого обтекания обратной ступеньки. В области угловой точки наблюдается пик теплового потока и трения, причем амплитудное значение этого пика тем больше, чем меньше высота ступеньки. Исследование теплового потока и трения было произведено при двух значениях температурного фактора($T_w = 0.1$ и $T_w = 1$) и для двух значений числа Рейнольдса(Re=10^5

и Re=10^6). При всех этих параметрах наблюдается пик теплового потока и трения в области угловой точки.

В данной работе было исследовано поведение давления в области угловой точки при сверхзвуковом обтекании обратной ступеньки вязким газом. Выявлено, что величина перепада давления тем больше, чем больше высота ступеньки. Это справедливо как для температурного фактора 0.1 так и для температурного фактора 1. Поведение давления в области угловой точки было исследовано при трех различных числах са(Re=10^4 ,Re=10^5 и Re=10^6), и для всех этих чисел Рейнольдса сохранятся указанная выше тенденция.

Также в данной работе исследован вторичный отрыв, возникающий за угловой точкой при сверхзвуковом обтекании обратной ступеньки вязким газом. Выявлено, что вторичный отрыв для высоких ступенек возникает при меньших числах Рейнольдса, чем для более низких ступенек. В работе найдены значения чисел Рейнольдса, при которых возникает вторичный отрыв для каждой из высот, которые исследовались в работе.

Следует отметить, что все исследования производились при использование аналитических сеток различной размерности. Была достигнута сеточная сходимость, т.е результаты, полученные на сетках различной размерности, совпадали. Это говорит о высокой точности произведенных расчетов.

Полученные результаты имеют немаловажное прикладное значение, т.к. на практике при сверхзвуковом обтекании различных тел происходит обгорание острых кромок, что , очевидно, является негативным явлением. Данные исследования предоставляют необходимую информацию для создания эффективной теплозащиты для острых кромок.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Нейланд В.Я., Боголепов В.В., Дудин Г.Н., Липатов И.И. *Асимптотическая теория сверхзвуковых течений вязкого газа.* Москва. ФИЗМАТЛИТ.2004. 456 с

[2]. Богатырев Д.Ю., Липатов И.И. Распространение возмущений в двумерных пограничных слоях над подвижной поверхностью при сильном взаимодействии. *Механика жидкости и газа,* 2011, №3, с. 56-66.

[3]. Петров А.Г., Харламов А.А. Пространственные задачи гидродинамического взаимодействия тел в вязкой жидкости в окрестности их контакта. *Механика жидкости и газа.* 2013, №5, с. 14-25.

[4]. Amaku M., Pascholati P.R., Vanin V.R. Decay chain differential equations: Solution through matrix algebra. *Computer Physics Communications,* 2010, vol.181, pp. 21-23.

[5]. Yezhi Lin, Yinping Liu, Zhibin Li. Symbolic computation of analytic approximate solutions for nonlinear fractional differential equations. *Computer Physics Communications,* 2013, vol. 184, pp.130-141.

[6]. Bazilevs Y., Korobenko A., Deng X., Yan J., Kinzel M., Dabiri J.O. Fluid-structure interaction modeling of vertical-axis wind turbines. *Journal of Applied Mechanics*, 2014, vol. 81, №8.

[7]. Victor C. Tsai, James R. Rice. Modeling turbulent hydraulic fracture near a free surface. *Journal of Applied Mechanics*, 2012, vol. 79, №3.

[8]. Jiarong Hong, Joseph Katz, Michael P. Schultz. Near-wall turbulence statistics and flow structures over three-dimensional roughness in a turbulent channel flow. *Journal of Fluid Mechanics*, 2011, vol. 667, pp. 1-37.

[9]. Shigeru Takata, Hitoshi Funagane. Singular behavior of a rarefied gas on a planar boundary. *Journal of Fluid Mechanics*, 2013, vol. 717, pp. 30-47.

[10]. Klotz L., Goujon-Durand S., Rokicki J., Westfreid J.E. Experimental investigation of flow behind a cube for moderate Reynolds numbers. *Journal of Fluid Mechanics*, 2014, vol. 750, pp. 73-98.

Самохин Дмитрий Сергеевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: sam2234@bk.ru.

Белов Юрий Сергеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ybs82@mail.ru.

D.S.Samokhin., Yu.S. Belov

FRICTION AND HEAT FLUX UNDER SUPERSONIC VISCOUS BACK-FACING STEP FLOW.

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga Branch, Kaluga, 248000, Russia

In this article the results of numerical research of friction and heat flux under supersonic viscous back-facing step flow are showed. Numerical investigations are carried out by means of program for numerical solution of system of Navier-Stokes equations that is called Fluent. In this article depending on the friction and the heat flux from the step height are showed. Also depending on the friction and heat flux from Reynolds number and depending on the pressure from step height and from Reynolds number are showed. These investigations have got a practical interest because burning of sharp edges arises under supersonic flows. And if we know the heat flux we can make a good heat shield. Also in this article the conditions of secondary separation's origin are researched. In this article the Reynolds numbers of secondary separation's origin are showed.

Keywords: *back-facing step, friction, heat flux, pressure, secondary separation.*

REFERENCES

[1]. Neyland V.Y., Bogolepov V.V., Dudin G.N., Lipatov I.I. *Asymptotic theory of supersonic viscous gas flows.* Moscow. PHYSMATLIT.2004. 456 p.

[2]. Bogatirev D.Y., Lipatov I.I. Propagation of perturbations in two-dimensional boundary layers on a moving surface with strong interaction. *Fluid Mechanics,* 2011, №3, pp. 56-66.

[3]. Petrov A.G., Harlamov A.A. Spatial problems of hydrodynamic interaction of bodies in a viscous fluid in the vicinity of their contact. *Fluid Mechanics.* 2013, №5, pp. 14-25.

[4]. Amaku M., Pascholati P.R., Vanin V.R. Decay chain differential equations: Solution through matrix algebra. *Computer Physics Communications,* 2010, vol.181, pp. 21-23.

[5]. Yezhi Lin, Yinping Liu, Zhibin Li. Symbolic computation of analytic approximate solutions for nonlinear fractional differential equations. *Computer Physics Communications,* 2013, vol. 184, pp.130-141.

[6]. Bazilevs Y., Korobenko A., Deng X., Yan J., Kinzel M., Dabiri J.O. Fluid-structure interaction modeling of vertical-axis wind turbines. *Journal of Applied Mechanics,* 2014, vol. 81, №8.

[7]. Victor C. Tsai, James R. Rice. Modeling turbulent hydraulic fracture near a free surface. *Journal of Applied Mechanics,* 2012, vol. 79, №3.

[8]. Jiarong Hong, Joseph Katz, Michael P. Schultz. Near-wall turbulence statistics and flow structures over three-dimensional roughness in a turbulent channel flow. *Journal of Fluid Mechanics,* 2011, vol. 667, pp. 1-37.

[9]. Shigeru Takata, Hitoshi Funagane. Singular behavior of a rarefied gas on a planar boundary. *Journal of Fluid Mechanics,* 2013, vol. 717, pp. 30-47.

[10]. Klotz L., Goujon-Durand S., Rokicki J., Westfreid J.E. Experimental investigation of flow behind a cube for moderate Reynolds numbers. *Journal of Fluid Mechanics,* 2014, vol. 750, pp. 73-98.

Samokhin Dmitry Sergeevich- student of Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: sam2234@bk.ru.

Belov Yuri Sergeyevich - Ph. D., Assoc. Professor of the Department of software, information technologies and applied mathematics; Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University. E-mail: ybs82@mail.ru.

И.С. Силаков, Ю.С. Белов

BBM PROTECTED - БЕЗОПАСНЫЙ СЕРВИС ОБМЕНА СООБЩЕНИЯМИ

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

BlackBerryMessenger (BBM) – это сервис обмена сообщениямиоткомпанииBlackberry, ранееизвестнойкакResearchInMotion (RIM). Важная особенность этого сервиса в том, что он работает на разных мобильных операционных системах, таких, как Android, iOS, Windowsphoneи, конечно, BlackberryOS.В наше время вопрос безопасности становится наиболее важным при выборе сервиса мгновенных сообщений.

BBMProtected – это сервис, который предоставляет дополнительныйуровеньшифрованиясообщенийвBBM.

BBM Protected является единственным приложением для безопасного мобильного обмена мгновенными сообщениями, которое использует надежную криптографическую библиотеку FIPS 140-2.

В федеральном стандарте США FIPS 140-2 "Требования безопасности для криптографических модулей" под криптографическим модулем понимается набор аппаратных и/или программных компонентов, которые заключены в пределах явного непрерывного периметра и реализуют утвержденные функции безопасности (включая криптографические алгоритмы, генерацию и распределение криптографических ключей, аутентификацию).

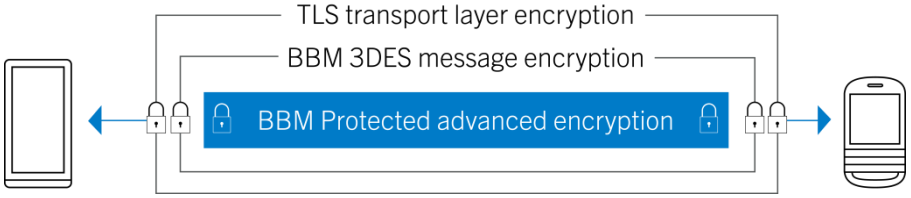


Рис. 1. Уровни шифрования сообщений в BBMProtected

BBM Protected предназначен для обеспечения полного шифрования сообщений от начала до конца:начиная с того момента, как пользователь BBM Protected посылает сообщение, изаканчивая тем, когда получатель получает сообщение (рис. 1). Сообщения между пользователями BBM Protected шифруются с использованием модели PGP.

PGP (англ. PrettyGoodPrivacy) — компьютерная программа, также библиотека функций, позволяющая выполнять операции шифрования и цифровой подписи сообщений, файлов и другой информации, представленной в электронном виде, в том числе прозрачное шифрование данных на запоминающих устройствах, например, на жёстком диске. Первоначально разработана Филиппом Циммерманном в 1991 году.

Отправитель и получатель имеют уникальные открытый / закрытый ключи шифрования с подписями. Эти ключи генерируются на устройстве, сертифицированной криптографической библиотекой FIPS 140-2, и управляются предприятием. BBM и BlackBerry не участвуют в обмене ключами, и они не хранятся в инфраструктуре BlackBerry. Кроме того, каждое сообщение использует новый случайный симметричный ключ для шифрования сообщений. Даже если одно сообщение в беседе было скомпрометировано, остальные сообщения будут оставаться защищенными. 168-разрядный ключ скремблирования Triple DES шифрует сообщения на смартфоне отправителя, и используется для проверки подлинности и расшифровки сообщений на телефоне получателя.

Triple DES (3DES) — симметричный блочный шифр, созданный УитфилдомДиффи, Мартином Хеллманом и Уолтом Тачманном в 1978 году на основе алгоритма DES, с целью устранения главного недостатка последнего — малой длины ключа (56 бит), который может быть взломан методом полного перебора.

TLS (безопасность транспортного уровня) шифрование между смартфоном и инфраструктурой BBM помогает защитить сообщения BBM от прослушивания или манипуляции.

Принцип действия коммуникационных сетей BlackBerry основан на том, что после попадания устройства в сеть, имеющей покрытие BlackBerry, система регистрирует и затем распознает каждый отдельно взятый смартфонBlackBerry по индивидуальному идентификационному номеру (PIN). Уникальный номер, имеющийся у каждого прибора, позволяет осуществлять передачу «peer-to-peer».Такие сообщения мгновенно поступают с прибора-отправителя на прибор-получатель, и, кроме того, система предоставляетотчет о доставке такого рода сообщений.

Посредниками между отправителем и получателем являются центр сетевых операций RIM, в котором установлены серверы. Большинство из таких серверов находятся в Англии и США, и компания серьезно ограничивает доступ к ним, что зачастую приводит к ограничениямна использование услуг BlackBerry в некоторых странах.

Однако стоит отметить, что повышенной защищенностью обладают версии сервиса для бизнес-пользователей и корпоративных сетей, обычные пользователи получают приложение с упрощенной моделью шифрования.

В заключение можно выделить такие сильные стороны BBMProtected как: возможность создания замкнутой экосистемы внутри компании, защищенной от проникновения извне, высокий уровень шифрования, простота в использовании. Из недостатков можно выделить ориентированность сервиса на корпоративную среду, что означает некое разделение функционала и запутанность для пользователя.

Список литературы:

[1]. BlackberryMessenger. URL: http://wiki.blackberryrussia.ru/wiki/BlackBerry_Messenger/ (дата обращения 14.03.2015).

[2]. More details emerge about eBBM and BBM Protected. URL: http://crackberry.com/more-details-emerge-about-ebbm-and-bbm-protected (дата обращения14.03.2015).

[3]. EBBMИBBMPROTECTED. URL: http://blackberries.ru/2014/06/13/stali-izvestny-detali-togo-kak-budet-rabotat-ebbm-i-bbm-protected/ (дата обращения14.03.2015).

[4]. Лекция 16: Федеральный стандарт США FIPS 140-2 "Требования безопасности для криптографических модулей". URL: http://www.intuit.ru/studies/courses/30/30/lecture/964 (дата обращения 14.03.2015).

[5]. TripleDES. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Triple_DES (дата обращения 14.03.2015).

[6]. PGP. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/PGP (дата обращения 14.03.2015).

Силаков Игорь Сергеевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kaluganin514@gmail.com

Белов Юрий Сергеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ybs82@mail.ru

Е.В. Вершинин, Р.А. Трубка

ERP-СИСТЕМЫ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

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

Введение

В настоящий момент множество предприятий России используют ERP-системы с целью автоматизации безнес-процессов. Следует заметить, что степень защищенности таких систем непосредственно влияет на успешность их внедрения и эксплуатации, ведь в ERP-системе, как в центральной информационной системе предприятия, сосредоточено колоссальное количество информации.

В данной статье рассматриваются основные аспекты обеспечения безпасности ERP-систем согласно их архитектуре. Приводятся основные методы достижения целей безопасности, такие как: физическая защита, аутентификация при помощи цифровых сертификатов, управление доступом на основе ролей, двухфакторная аутентификация.

Основные причины уязвимости ERP-систем

Сложность. Рост сложности сопровождается увеличением вероятности ошибок и конфликтов полномочий

Спецефичность. Бизнес-приложения часто содержат тривиальные уязвимости в отличие от более массовых продуктов

Недостаток квалифицированных специалистовна предприятии, где внедряется система

Недостаток инструментов для аудита безопасности, который из-за этого зачастую выполняется на предприятиях вручную и, как следствие, может содержать ошибки

Большое количество тонких настроек

Архитектура и аспекты безопасности ERP-систем

СовременнаяERP-система использует трехуровневую клиент-серверную архитектуруMVC (Model-View-Controller)при работе с данными:

Уровень баз данных. Хранение данных

Уровень приложения. Обработка данных на сервере приложений

Уровень представления. Взаимодействие с пользователем через программу-клиент

Исходя из вышеперечисленных звеньев и учитывая, что их связующей средой является сетевая инфраструктура, можно выделить основные аспекты информационной безопаснсти ERP-систем:

Безопасность БД

Безопасность на уровне сервера приложений

Защита информации на клиентском компьютере

Сетевая безопасность

Безопасность сетевой инфраструктуры

Ввиду того, что многие современные ERP-системы используют для построения взаимодействия своих компонентов веб-стандарты, можно использо-

вать протокол HTTPSдля защиты (шифрования) сетевого трафика. Также, протокол HTTPSможет обеспечить аутентификацию пользователя с помощью цифровых сертификатов. Так как большая часть ERP-систем создается иностранными компаниями, то использование криптоалгоритмов ГОСТ (российских сертифицированных криптографических средств защиты) возможно только при использовании дополнительного программного обеспечения, не включаемого в штатную поставку таких систем.Для использования жеHTTPS на основе западных криптоалгоритмов обычно достаточно встроенных средств операционной системы. Например, в MS Windows уже имеется встроенная поддержка данного протокола на основе DES, RSA и других популярных западных алгоритмов.

Безопасность БД

Базу данных можно по праву считать одним из важнейших компонентов ERP-системы. Исходя из этого, следует физически и программно изолировать серверы БД от остальной компьютерной инфраструктуры, т.е. выделить их в отдельный изолированный сегмент корпоративной сети, доступом к которому должны обладать только серверы приложений. Таким образом, доступ по сети напрямую к БД становится невозможен. Немаловажной является и физическая защита серверов БД: следует поместить его в отдельное помещение с контролем доступа.

Безопасность сервера приложений

Именно в этом звене ERP-системы происходит обработка данных. Также,именно сервер приложений занимается вопросами управления доступом к различным элементам системы, обеспечивая авторизацию пользователей. Основной моделью на данном уровне является управление доступом на основе ролей (Рис. 1.)– RBAC(Role-BasedAccessControl).Роль – множество транзакций, которые пользователь или их группа могут проводить в системе. Таким образом, каждый пользователь согласно своим ролям может выполнять лишь строго определенные транзакции и имеет доступ только к определенным бизнес-объектам. Основным достоинством модели RBACявляется легкость администрирования: необходимо однократно завести роли и в дальнейшем лишь добавлять или удалять пользователей.

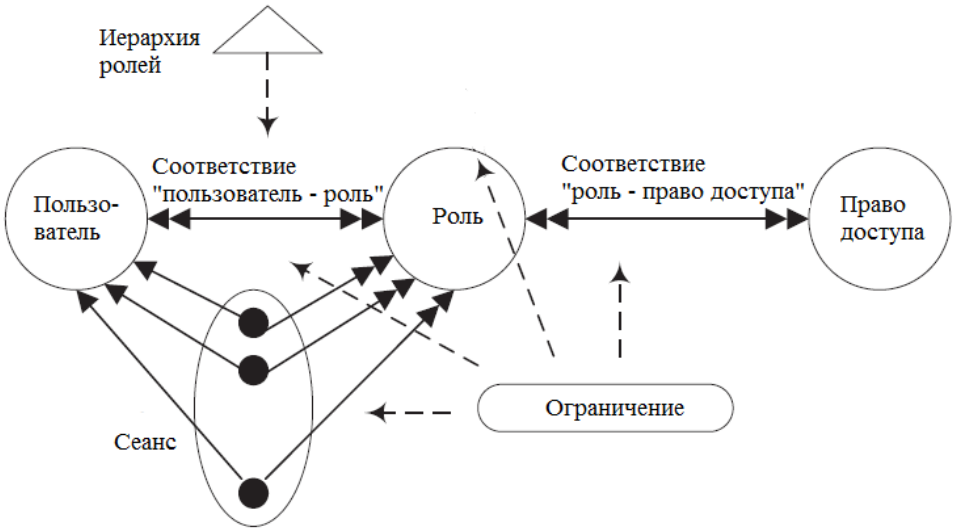


Рис. 1. Модель RBAC

Безопасность на уровне клиента

Традиционный способ обеспечения безопасности при входе в систему-предполагает наличие у каждого пользователя имени и пароля для входа в ОС и ERP. Недостатки такого подхода очевидны и связаны с человеческим фактором: возможность подглядеть пароль и запись сложных паролей пользователями непосредственно на рабочем месте. Альтернативой традиционному способу может служить аутентификация на сонове цифровых сертификатов, тем более что решения такого рода присутствуют в большинстве современных ERP-систем. При таком подходе закрытый ключ целосообразно хранить на портативном запоминающем устройстве, например eTokenили ruToken, и тогда аутентификацию такого рода называют двухфакторной. Первым фактором аутентификации является необходимость иметь при себе токен для входа в систему, вторым – необходимость знать PIN-код для доступа к закрытому ключу на токене.

Таким образом, при входе в ОС пользователь предъявляет свой цифровой сертификат и вводит пароль или PIN-код для доступа к закрытому ключу. Затем тот же самый сертификат (или другой, находящийся на том же электронном ключе) используется и для входа в ERP-систему, причем повторный ввод PIN-кода или пароля не требуется.

Заключение

Подводя итоги данной статьи, можно сделать основной вывод об обеспечении безопасности ERP-систем: для любой из них помимо штатных средств защиты, как правило, необходимы дополнительные программные и физические компоненты. Также, немаловажным является определение ролей и обязанностей персонала в отношении защиты информации, что должно происходить на этапе внедрения ERP-сисетмы. Исследования в данной области следует вести в следующих направлениях:

Политика и модель архитектуры безопасности

Защита веб-сервисов

Аутентификация и авторизация пользователей

Защита передачи данных

Список использованных источников

[1]. Wei S., Bhavani T. Security for Enterprise Resource Planning Systems. Information Systems Security, 16:152–163, 2007. URL: http://www.utdallas.edu/~bxt043000/Publications/Journal-Papers/DAS/J46_Security_for_Enterprise_Resource_Planning_Systems.pdfDOI: 10.1080/10658980701401959 (Датаобращения: 20.03.2015)

[2]. Зырянов Ю. Информационная безопасность ERP-систем, 2008. URL: http://citforum.ru/gazeta/49/ (Дата обращения: 18.03.2015)

[3]. Садердинов А. А., Трайнѐв В. А., Федулов А. А. Информациионная безопасность предприятия: Учебное пособие.-2-е изд.—М., Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2009.- 336 с.

Вершинин Евгений Владимирович – канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail:yevgeniyv@mail.ru.

Трубка Роман Анатольевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kansler9324@gmail.com.

К.С. Сигачев, А.В. Родионов

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ПРОТИВОПОЖАРНАЯ СИСТЕМА

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

В современном мире постоянно, по тем или иным причинам, происходят пожары, которые требуется устранять полностью или локализовать.

Современные автоматические системы пожаротушения обладают некоторой погрешностью. Данная погрешность заключается в неверном срабатывании системы датчиков противопожарной системы и как следствие передачи ложного сигнала в блок управления, либо на пульт управления. Из-за подобных погрешностей нередко происходят порча имущества, такого как документация или иная информация на бумажных носителях, или офисного оборудования, такого, как компьютеры и прочие вычислительные устройства, например, при ложном срабатывании систем водного либо пенного пожаротушения.

В предлагаемом методе описывается предложение по устранению подобных ошибок, путем поочередного опроса нескольких пиропатронов и выявления ошибки их срабатывания.

Сначала проверяются температура и давление в эксплуатируемом помещении. Для давления и температуры используется по два параметра, по которым определяется пожароопасная ситуация. Данные параметры имеют следующие сочитания:

Высокая температура и низкое давление;

Низкая температура и высокое давление.

При выполнении одного из сочитаний температуры и давления система предполагает наличие пожара в эксплуатируемом отсеке. Пороги давления и температуры могут изменяться программистом в зависимости от потребностей заказчика.

Далее проверяются пиропатроны. В случае срабатывания одного из пиропатронов проводится проверка последующих. Каждый последующий пиропатрон должен срабатывать через не более чем сорок секунд.

После проверки достоверности сигнала о возникшей пожроопасной ситуации, как и в многих других системах, в рассматриваемой системе предусмотрено прекращение доступа воздуха, путем закрытия задвижек на вентиляционных выводах эксплуатируемого отсека. Каждая задвижка имеет два состояния: «открыто» и «закрыто», а так же оснащены электрическими приводами для изменения состояния задвижки. Состояние задвижки изменяется из «открыто» в «закрыто» при возникновении пожароопасной ситуации для прекращения доступа воздуха и из состояния «закрыто» в «открыто» когда на блок управления поступает сигнал о том, что пожар потушен.

Система реализована с помощью микроконтроллера Atmel AVR XMEGA [1] и отлажена с помощью отладочной платы Atmel AT91SAM9X35 [2].

Благодаря данному методу увеличивается вероятность избежания поломки оборудования, не защищенного от попадания на него влаги. А так же должна увеличиться производительность персонала за счет того, что он не будет отвлекаться на ложные тревоги. И как следствие в эксплуатируемом месте должно произойти уменьшение затрат организаций на закупаемое оборудование и увеличение производительности труда.

Из-за того, что данная автоматическая система противопожарного тушения реализована на микроконтроллере, она может иметь очень широкое применение: от повседневного использования в помещениях до использования в транспорте.

Список литературы

[1]. http://www.atmel.com/ru/ru/products/microcontrollers/avr/AVR_XMEGA.aspx (дата обращения 12.03.2015)

[2]. http://www.atmel.com/devices/SAM9x35.aspx (дата обращения 12.03.2015)

Сигачев Кирилл Сергеевич – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: warrning1@yandex.ru.

Родионов Андрей Викторович – канд. техн. наук, доцент кафедры "Компьютерные системы и сети" КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: andviro@gmail.com.

И.А. Косенков, Ф.А. Плотников

АЛГОРИТМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ НИЗКОУРОВНЕВЫХ ТЕКСТУР

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

Существует множество проблем компьютерного зрения. Одна из них заключается в выявлении различных возможных точек или характерных областей изображения. Эти точки и области являются основой, при помощи которой будет построено будущее изображение. Например, это 3D восстановление, распознавание картин и объектов.

Было предложено множество методов, в теории компьютерного зрения, для извлечения различных типов характерных точек или характерных областей. Обнаруженные точки или области, как правило, представляют собой части изображения, которые имеют геометрические или статические свойства, такие как детектор краев Кэнни, детектор углов Харриса. Одним из важных применений обнаружения характерных точек или областей является установление соответствия или мера сходства, между различными изображениями. Для достижения этого, Кэнни изучал математическую проблему получения оптимального по критериям выделения фильтра, локализации и минимизации откликов одного края. Его целью было разработать оптимальный алгоритм обнаружения границ, который был удовлетворял трем критериям: хорошее обнаружение(то есть повышение отношения сигнала к шуму), хорошая локализация(точное и правильное определение положения границы), единственный отклик на одну границу(позволяет избежать восприятия широких полос изменения яркости как совокупности границ). Он состоит из 5 шагов: во-первых, сглаживание, то есть размытие изображения, для удаления шума, во-вторых, поиск градиентов, то есть нахождение участков изображения, где значение градиента имеет наибольшее значение, в-третьих, подавление не-максимумов, только локальные максимумы отмечаются как границы, в-четвертых двойная пороговая фильтрация, то есть потенциальные границы определяются порогами и в-пятых, трассировка области неоднозначности. Данный алгоритм был приведен в работу в 1986 году, применяется по сей день.

Но на сегодняшний день необходимо, чтобы обнаруженные точки или несколько областей были стабильными или инвариантными относительно преобразований, таких, как изменения угла зрений и освещенности. Поэтому широкое применение получило построение SIFT (scaleinvariantfeaturetransform), которое достаточно инвариантно к изменениям, поворотам, масштабированию и освещению. Тем не менее, если изображение снять с разных точек, SIFT может не установить надежные соответствия и его афинно-инвариантная версия становится лучшим выбором.

С другой стороны, картина как правило, богата регулярными структурами, которые полны инвариантов, например, повторяющиеся кромки, углы, правильные фигуры, симметричные структуры с повторяющимся рисунком.Вместо того, чтобы искать инварианты изображения, которые являются или недостаточными или неточными, необходимо стремиться к непосредственному обнаружению и извлечению инвариантных структур, не смотря на афинное или проекционное преобразования объекта.

Таким образом, необходим более эффективный и надежный способ обнаружения и извлечения регулярных структур в изображениях, не зависящий от значительного искажения и шума.

Не так давно, хорошо известный алгоритм TILT (TransformInvariantLow-rankTexture), который работает с матрицами, начали применять в области компьютерного зрения и обработки изображений, отделяя их от шума. Идея алгоритма состоит в восстановлении матрицы низкого ранга и матрицы с шумом, а также геометрического искажения, например, аффинное преобразование или поворот, при котором минимизируется ранг матрицы

Литература:

[1]. Zhengdong Zhang, Xiao Liang, Arvind Ganesh TILT: Transform Invariant Low-rank Textures / [Электронныйресурс] / Режимдоступа:http://perception.csl.illinois.edu/matrix-rank/Files/TILT-ACCV10.pdf

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.

Н.Н. Митрюшина, Е.В. Вершинин

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛОКАЛЬНЫХ БИНАРНЫХ ШАБЛОНОВ В ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ

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

Оператор LocalBinaryPattern (LBP) впервые был предложен в 1996 году. Он представляет собой простой и одновременно мощный инструмент, используемый для распознавания различных элементов изображения. Преимуществами оператора являются эффективность в вычислительном плане благодаря работе только с целочисленной арифметикой (что позволяет достичьнеобходимой производительности, требуемой, например, в системах реального времени), а также инвариантность к изменениям яркости изображения, вызванной съемкой в различных условиях освещения.

LBP.Классический LBP применяется к пикселю изображения и использует восемь соседних пикселей. Принимая значение яркости центрального пикселя в качестве порога, LBP сравнивает значение яркости в каждом пикселе окрестности с ним. Если оно больше (или равное), то сравниваемомупикселюприсваивается значение 1. Если же меньше — 0. Полученное восьмибитное число характеризует окрестность пикселя. Таким образом каждому пикселю изображения ставится в соответствие одна из 256 меток, характеризующих его. Далее по этим данным строится гистограмма изображения, в котором количество столбцов равно количеству меток (256), а из значения соответствуют количеству пикселей с данной меткой. Полученная гистограмма является дескриптором изображения, который и используется для дальнейшего сравнения

eLBP. Модификацией классического является так называемый «расширенный» LBP (extended LBP, илиeLBP), позволяющий использовать окрестность произвольного радиуса с произвольным количеством значащих пикселей (обозначаются как $LBP_{P,R}(\mathrm{x},\mathrm{y})$).Координаты соседней точки могут быть рассчитаны по следующим формулам:

$$g_i,x = g_c,x + R\cos(2\pi i/P), (1)$$

$$g_i,\mathrm{y} = g_c,\mathrm{y} - R\sin(2\pi i/P), (2)$$

где g_i,x и g_i,y – координаты соседней точки i, g_c – центральная точка, R – радиус окрестности, P – количество соседних точек.Обозначим изображение $f(\mathrm{x},\mathrm{y})$ или $f(g)$, если g – это точка. Пусть

$$s_i(x,y) = \begin{cases} 1, f(g_i) > f(g_c), \\ 0, \text{иначе} \end{cases}, (3)$$

где s_i – точка с координатами (x,y). Тогда

$$LBP_{P,R}(x,y)=\sum_{i=0}^{P-1}2^i s_i(x,y).(4)$$

Таким образом, последовательность $s_i(x,y)$ (i меняется от 0, до $P-1$), представляет собой двоичную последовательность кода LBP. Следовательно, $LBP_{P,R}(\mathrm{x},\mathrm{y})$ может принимать значения, лежащие в промежутке $\left[0,2^P-1\right]$.

TPLBP. В основе алгоритмов работы LBP и eLBP используется механизм сравнения пикселов изображения. На их основе был создан оператор ThreePatchLocalBinaryPattern (TPLBP), в котором сравниваютсяуже не сами точки, а их окрестности (патчи). Тем самым механизм сравнения становится более совершенным. Формула для расчета TPLBP фильтра имеет следующий вид:

$$TPLBP_{r,S,\omega,\alpha}(p)=\sum_{i=1}^{S}f(d(C_i,C_p)-d(C_{i+\alpha \bmod S},C_p))2^i,(5)$$

где C_i и $C_{i+\alpha}$ – два выбранных пачта на кольце радиусом r, C_p – центральный патч. За функцию $d(\cdot,\cdot)$ может быть взята любая функция, измеряющая расстояние между двумя соседними патчами. В данном случае забыла взята норма разности двух операторов LBP. Функция f находится как:

$$f(x)=\begin{cases}1, x\geq\tau\\ 0, иначе\end{cases}.(6)$$

Модификации построения гистограммы изображения. Как для LBP и eLBP, для TPLBP, в общем случае, для каждого изображения строится гистограмма $H(l)$ для значений $TPLBP_{r,S,\omega,\alpha}(x,y)$, l лежит в диапазоне от 0 до $S-1$. Однако построение гистограммы для всего изображения в целом кодирует лишь наличие тех или иных локальных особенностей, но при этом не содержит никакой информации об их расположении на изображении, тем самым учитывая лишь часть информации и делая результат дальнейшего сравнения менее точным. Для учета такого рода данных вначале следуетразбить изображениена подобласти, и для каждой из них в отдельностипостроить гистограмму. Итоговуюже гистограмму изображения лица необходимо определить, как конкатенацию гистограмм участков изображения.

Кроме того, еще одним из способов повышения эффективности данного метода также является расширенный метод сравнения гистограмм лиц, основанный на взвешенной матрице. Поскольку разные участки изображения содержат более или менее ценную информацию (в зависимости от ее изменчивости), для распознавания лиц логично бы было и учитывать ее по-разному. Данная идея реализуется заданием матрицы весов, каждый элемент которой соответствует отдельному участку на изображении. Значение элемента матрицы соответствует заданному весу. Так, например, очевидно, что области глаз несут более ценную информацию, нежели края изображения, поэтому и вес для них должен быть выбран больший.

Беря во внимание изложенное вышеалгоритм сравнения может иметь следующий вид: 1) Изображение разбивается на области, к каждой из которых применяются TPLBP. 2)Для каждой области строится локальная гистограмма; 3)Объединение гистограмм – TPLBP дескриптор для изображения; 3) Для пары изображений считается разность дескрипторов по выбранной метрике, учитывая вес каждой области.

При таком подходе для лучшего извлечения признаков параметры оператора TPLBP, число разбиений изображения на подобласти и выбранные весы для каждой их них можно варьировать для каждой конкретной задачи.

Описанный подход позволяет улучшить точность сравнения изображенийи повысить общий уровень распознавания.

Списоклитературы:

[1]. O. Nikisins and M. Greitans, “A mini-batch discriminative feature weighting algorithm for lbp - based face recognition,” *Peoceedingsof International Conference on Imaging Systems and Techniques (IST2012)*, pp. 170–175, July 2012.

[2]. T. Ojala, M. Pietikainen, and D. Harwood, “A comparative study of texture measures with classification based on feature distributions,” *Pattern Recognition 29*, pp. 51–59, 1996.

[3]. S. Brahnam et al. (eds.), *Local Binary Patterns: New Variants and Applications*, 269 Studies in Computational Intelligence 506, DOI: 10.1007/978-3-642-39289-4, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

[4]. Петрук В.И., Самородов А.В., Спиридонов И.Н. Применение локальных бинарных шаблонов к решению задачи распознавания лиц. *Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Приборостроение.* 2011. № S. С. 58-63.

[5]. DakshinaRanjanKisku, Phalguni Gupta, JamunaKanta Sing, “ Advances in Biometrics for Secure Human Authentication and Recognition”, CRC Press, Taylor and Francis, July 2013, 450 pages

Митрюшина Наталья Николаевна – студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail:natalya-mitryushina@yandex.ru.

Вершинин Евгений Владимирович – канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail:yevgeniyv@mail.ru.

А.А. Исаев, Ю.С. Белов

К ВОПРОСУ О ВИЗУАЛИЗАЦИИ И СВОЙСТВАХ ФРАКТАЛОВ, ПОСТРОЕННЫХ НА ОСНОВЕ ПРОСТЫХ ЧИСЕЛ

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

Введение. Хаос — это тоже порядок. Со своими закономерностями. Порядок этот не изученный, но вполне поддающийся изучению. А все стремление науки — обнаружить эти закономерности. И в конечном итоге соединить детали головоломки, чтобы увидеть общую картину.

Если бросить на поверхность речки камень — пойдут волны. Круги, вполне поддающиеся изучению. Скорость, период, длину волны — все это можно подсчитать. Но до тех пор, пока волна не дойдет до берега, не отразиться и не начнет накладываться на саму себя. Получим хаос (интерференцию), который уже трудно поддается изучению.

Если двигаться от обратного: упростить поведение волны на столько, на сколько это возможно. Упростить, найти закономерность и после этого попробовать описать уже полную картину происходящего. Очевидно для упрощения можно сделать отражающую поверхность прямой, без изгибов. Далее, вместо самой волны, использовать только вектор движения волны. В принципе, этого достаточно, чтобы построить простой алгоритм и смоделировать процесс на компьютере. И даже вполне достаточно, чтобы сделать «модель» поведения волны на обычном листке в клеточку.

В конечном счете можно отметить, что в волновых процессах (та-же рябь на поверхности речки) имеем не хаос, а наложение фракталов (самоподобных структур) друг на друга.

Разглядывая интерференцию волн на поверхности речки. Волна движется к берегу, отражается и накладывается сама на себя. Есть ли порядок в тех узорах, которые создаются волнами? Попробуем найти его. Рассмотрим не всю волну, а только вектор ее движения. «Берега» сделаем гладкими, для простоты эксперимента.

Эксперимент. Эксперимент можно провести на обычном листке в клеточку. Возьмем прямоугольник со сторонами q и p. Проведем луч (вектор) из угла в угол. Луч двигается к одной из сторон прямоугольника, отражается и продолжает движение к следующей стороне. Это продолжается до тех пор, пока луч не попадет в один из оставшихся углов. Если размер стороны q и p — взаимно простые числа, то получается узор (как будет назван позже — фракталом).

Пример работы алгоритма (рис.1).

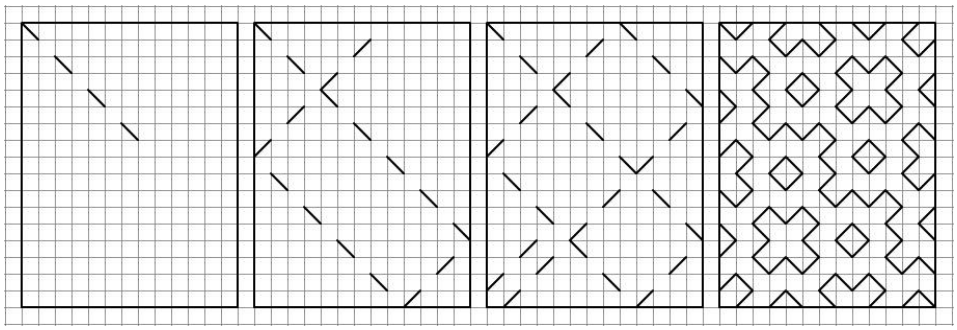


Рис.1

С разными сторонами прямоугольника — получаем разные узоры (рис.2).

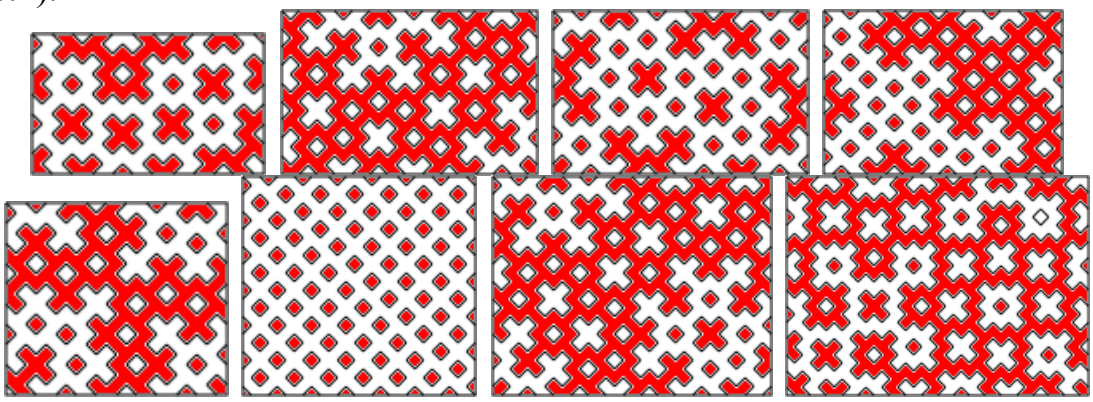


Рис.2

Как известно, «фрактал» — это геометрическая фигура, обладающая свойствами самоподобия. Часть картинки повторяет всю картинку в целом. Если значительно увеличить размеры сторон *q* и *p*, то можно заменить, что эти узоры обладают свойствами самоподобия.

Увеличим размеры сторон *q* и *p* (рис.3). Возьмем, например, узор 17x29. Следующие узоры будут: 29x(17+29=46), 46x(29+46=75) …

Одна сторона: $F(n)$;

Другая сторона: $F(n+1) = F(n) + F(n-1)$;

17, 29, 46, 75, 121, 196, 317, 513, 830, 1343

Как числа Фибоначчи, только с другими первым и вторым членом последовательности: $F(0) = 17$, $F(1) = 29$.

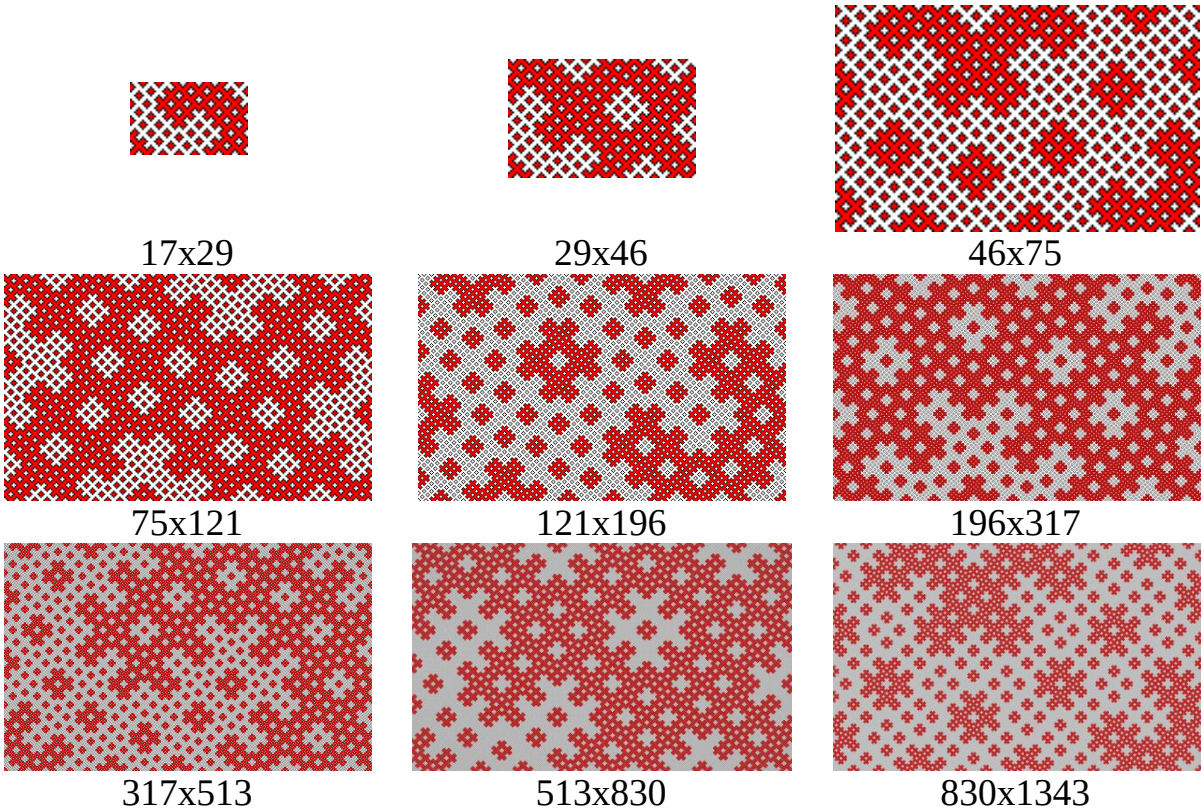


Рис.3

Дальше фракталы циклически повторяются (рис.4):
если большая сторона четная (рис.4а);
если меньшая сторона четная (рис.4б);
если обе стороны нечетные — симметричный узор (рис.4в).

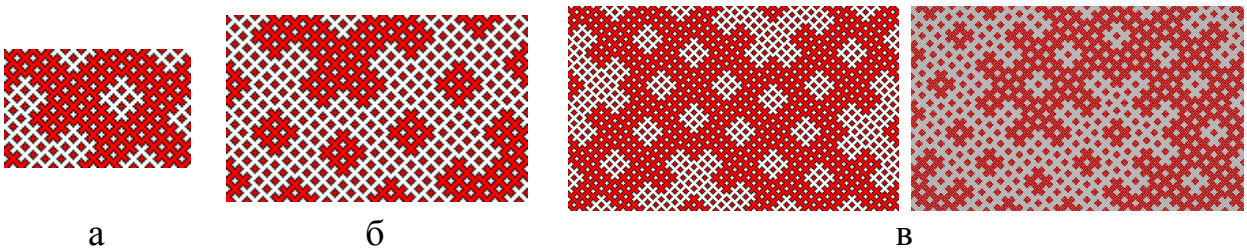


Рис.4

В зависимости от того, как начинается луч получаются разные узоры (рис.5):

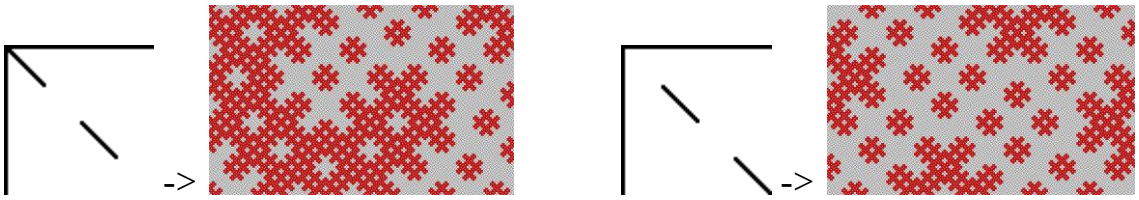


Рис.5

Отделим от прямоугольника квадрат, и посмотрим, что происходит на границе (рис.6). На границе луч выходит в той же точке, откуда зашел (рис.7).

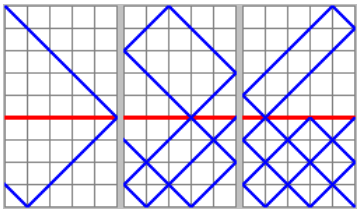


Рис.6

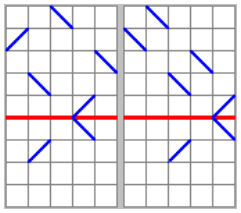


Рис.7

При этом, количество квадратиков, которые проходит луч — всегда четное число. Поэтому, если отрезать от прямоугольника квадрат — останется не измененная часть фрактала. Если отделять от фрактала квадраты столько раз, сколько это возможно — можно добраться до «начала» фрактала (рис.8).

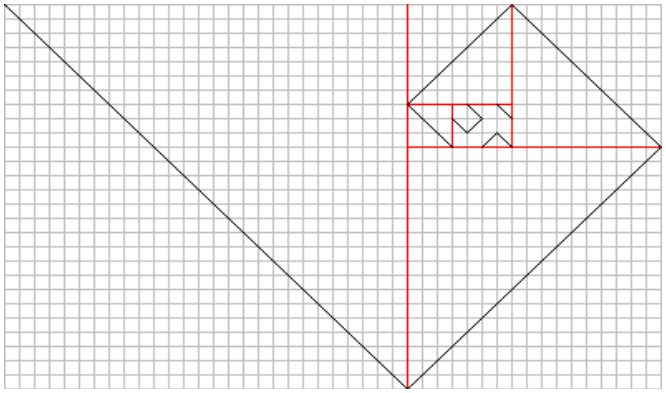
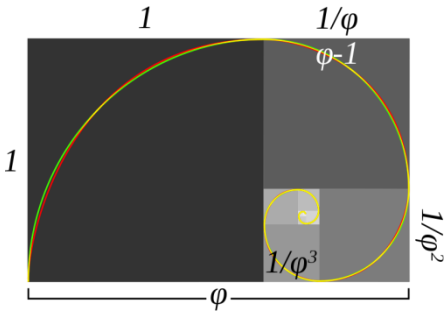


Рис.8

Похоже на спираль Фибоначчи (рис.9).



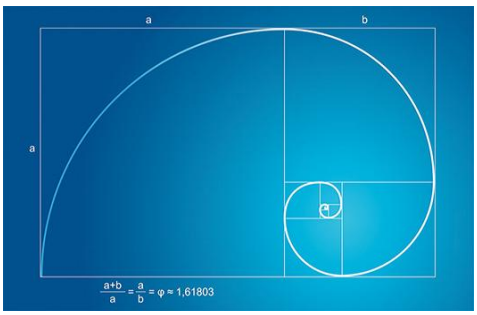


Рис.9

Из чисел Фибоначчи тоже можно получить фракталы (рис.10).

В математике числами Фибоначчи (ряд Фибоначчи, последовательность Фибоначчи) называют числа:

0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987, 1597…

По определению, первые две цифры в последовательности Фибоначчи 0 и 1, а каждое последующее число равно сумме двух предыдущих.

$F(n) = F(n-1) + F(n-2)$;

$F(0) = 0;\ F(1) = 1;$

$\lim\limits_{n\to\infty} \frac{F_{n+1}}{F_n} = \varphi$, где φ - золотое сечение.

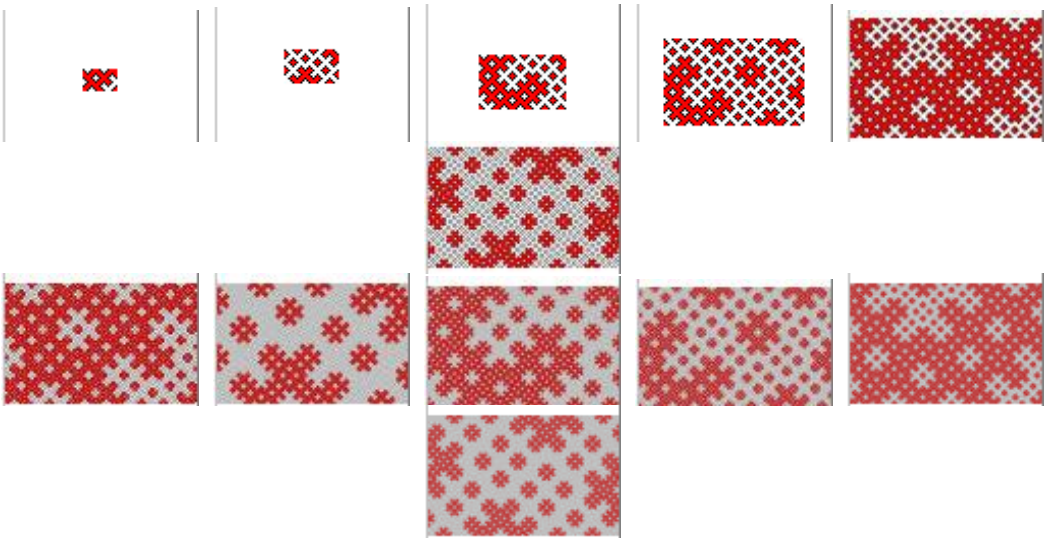


Рис.10

Можно заменить, что чем ближе отношение сторон приближается к золотому сечению — тем больше детализация фрактала (рис.11).

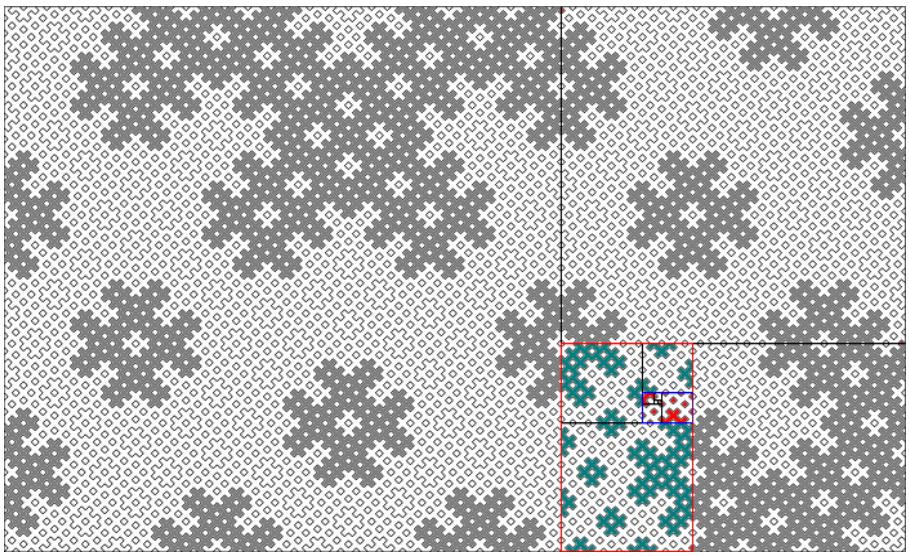


Рис.11

При этом фрактал повторяет часть фрактала, увеличенного на φ^3.

Заключение. Вместо чисел Фибоначчи можно использовать иррациональные размеры сторон (рис.12). Получим тот же фрактал.

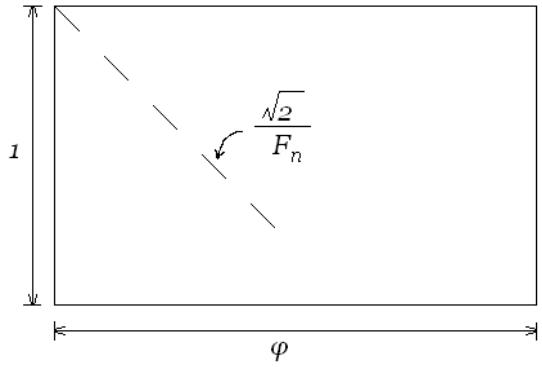


Рис.12

Те же фракталы можно получить и в квадрате, если пускать луч под другим углом (рис.13).

$q, p -$ *взаимно простые целые числа* $\qquad q = p$

$$\alpha = \frac{\pi}{4} \qquad \alpha \neq \frac{\pi}{4}$$

Рис.13

Проанализировав данную статью можно прийти к выводу, что узорчики получаются, если размеры сторон — взаимно простые числа (не имеют общего делителя).

Список литературы

[1] Gerasimov S. New kind of fractals - coprime integers. URL: http://xcont.com/fibonacci.html (дата обращения 16.03.2015).

[2] Скрынников И. Золотое сечение и пропорции Фибоначчи. URL: http://fototips.ru/teoriya/zolotoe-sechenie-i-proporcii-fibonachchi/ (дата обращения 16.03.2015).

Исаев Аббас Айваз оглы - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: abbas.isaev@gmail.com.

Белов Юрий Сергеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ybs82@mail.ru.

Л.А.Воейкова, Н.А. Борсук

ОБЗОР ТЕХНОЛОГИИ AJAX

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

В статье анализируется технология Ajax, преимущества ее использования при разработке интерактивных Web-приложений. Приводится сравнительный анализ общих принципов сайтостроения при классическом подходе и с использованием данной технологии.

Ajax, Web-приложение, сайтостроение, DHTML, XMLHttpRequest, браузер.

В настоящее время широко используется технология Ajax. С её помощью возможно увеличение скорости получения информации и экономия трафика.

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.

Впервые об Ajax заговорили после появления в феврале 2005-го года статьи Джесси Джеймса Гарретта (Jesse James Garrett) "Новый подход к веб-приложениям". Ajax - это не самостоятельная технология. Это идея, которая базируется на двух основных принципах:

Использование DHTML для динамичного изменения содержания страницы.

Использование XMLHttpRequest для обращения к серверу "на лету".

Использование этих двух подходов позволяет создавать намного более удобные WEB-интерфейсы пользователя на тех страницах сайтов, где необходимо активное взаимодействие с пользователем. Использование Ajax стало наиболее популярно после того, как компания Google начала активно использовать его при создании своих сайтов, таких как Gmail, Google maps и Google suggest. Создание этих сайтов подтвердило эффективность использования данного подхода. [1]

Рассмотрим работу с использованием классического Web-строительства и с использованием технологии Ajax.

В классической модели веб-приложения:

Пользователь заходит на веб-страницу и нажимает на какой-нибудь её элемент.

Браузер формирует и отправляет запрос серверу.

В ответ сервер генерирует совершенно новую веб-страницу и отправляет её браузеру и т. д. После чего браузер полностью перегружает всю страницу.

При использовании AJAX:

Пользователь заходит на веб-страницу и нажимает на какой-нибудь её элемент.

Скрипт (на языке JavaScript) определяет, какая информация необходима для обновления страницы.

Браузер отправляет соответствующий запрос на сервер.

Сервер возвращает только ту часть документа, на которую пришел запрос.

Скрипт вносит изменения с учётом полученной информации (без полной перезагрузки страницы). [2]

Рассмотрим преимущества и недостатки технологии Ajax.

Преимущества данной технологии:

Экономия трафика

Использование AJAX позволяет значительно сократить трафик при работе с веб-приложением благодаря тому, что вместо загрузки всей страницы достаточно загрузить только изменившуюся часть, или вообще только получить/передать набор данных в формате JSON или XML, а затем изменить содержимое страницы с помощью JavaScript.

Уменьшение нагрузки на сервер

При правильной реализации, AJAX позволяет снизить нагрузку на сервер в несколько раз.

В частности, все страницы сайта чаще всего генерируются по одному шаблону, включая неизменные элементы («шапка», «навигационная панель», «подвал» и т. д.) для генерации которых требуются обращения к разным файлам, время на обработку скриптов (а иногда и запросы к БД) — всё это можно опустить, если заменить полную загрузку страницы генерацией и передачей лишь содержательной части. Дизайн страницы также обычно содержит множество файлов, связанных с оформлением (картинки, стили), на повторную обработку которых не надо тратить время, используя AJAX (экономия на количестве HTTP-соединений значительно выгоднее, чем на сокращении трафика каждого из них).

Ускорение реакции интерфейса

Поскольку загрузка изменившейся части значительно быстрее, то пользователь видит результат своих действий быстрее и без мерцания страницы (возникающего при полной перезагрузке).

Почти безграничные возможности для интерактивной обработки

Например, при вводе поискового запроса в Google выводится подсказка с возможными вариантами запроса. На многих сайтах при регистрации пользователь вводит имя, и сразу же видит, доступно это имя или нет. AJAX удобен для программирования чатов, административных панелей и других инструментов, которые выводят меняющиеся со временем данные. [1]

Недостатки данной технологии:

Отсутствие интеграции со стандартными инструментами браузера

Динамически создаваемые страницы не регистрируются браузером в истории посещения страниц, поэтому не работает кнопка «Назад», предоставляющая пользователям возможность вернуться к просмотренным ранее страницам, но существуют скрипты, которые могут решить эту проблему.

Другой недостаток изменения содержимого страницы при постоянном URL заключается в невозможности сохранения закладки на желаемый материал. Проблему можно успешно решить с помощью History.pushState.[1]

Динамически загружаемое содержимое недоступно поисковикам (если не проверять запрос, обычный он или XMLHttpRequest)

Поисковые машины не могут выполнять JavaScript, поэтому разработчики должны позаботиться об альтернативных способах доступа к содержимому сайта.

Старые методы учёта статистики сайтов становятся неактуальными

Многие сервисы статистики ведут учёт просмотров новых страниц сайта. Для сайтов, страницы которых широко используют AJAX, такая статистика теряет актуальность.

Усложнение проекта

Перераспределяется логика обработки данных — происходит выделение и частичный перенос на сторону клиента процессов первичного форматирования данных. Это усложняет контроль целостности форматов и типов. Конечный эффект технологии может быть нивелирован необоснованным ростом затрат на кодирование и управление проектом, а также риском снижения доступности сервиса для конечных пользователей.

Требуется включенный JavaScript в браузере

JavaScript может быть выключен из соображений безопасности. И, конечно же, AJAX-страницы труднодоступны не полнофункциональным браузерам, роботам и веб-архивам.

Низкая скорость при грубом программировании

Казалось бы, AJAX предназначен именно для повышения скорости. Но, когда AJAX-запросов на одной странице много и, например, по каждому щелчку подгружается список, AJAX-страница становится даже медленнее традиционной. [2]

Так как преимуществ у данной технологии больше, чем недостатков, она используется в 80% Web-приложений. Приобретает всё большую распространенность.

Литература:

[1]. Брэт Маклафлин, автор и редактор, O'Reilly Media Inc, *Освоение Ajax: эффективный подход к созданию Web-сайтов и знакомство с тем, как работает эта технология* URL:

http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/wa-ajaxintro1/index.html#ibm-pcon (дата обращения 12.03.2015).

[2]. Александр Орлов, *AJAX*, URL:

http://www.codenet.ru/webmast/js/ajax/ (дата обращения 15.02.2015).

Воейкова Людмила Алексеевна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: lussia94@yandex.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.

П.В. Фролов, Ю.С. Белов

ОБРАБОТКА ДАННЫХ С ПРОПУСКАМИ МЕТОДОМ СТОХАСТИЧЕСКИХ РЕГРЕССИОННЫХ ЗАМЕН

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

В ходе изучения данных с пропусками было разработано целое множество методов решения этой проблемы. Классические методы обработки таких данных основываются на удалении пропущенной информации или на заполнении пропущенных значений. Опытным путем было выявлено, что практически все классические методы дают не точные оценки параметров, которые отвечают за пропущенные значения переменных, за исключением регрессионных замен. Для уменьшения погрешности был разработан метод стохастических регрессионных замен.

Не смотря на все достоинства метода регрессионных замен, он может привести к существенным погрешностям. Эти погрешности возникают ввиду того, что для каждого набора данных в регрессионные уравнения подставляются наблюдаемые значения и получаются предполагаемые значения для неполных переменных, которые могли бы отличаться в разных наборах данных. Метод стохастических регрессионных замен так же использует регрессионные уравнения, чтобы определить значения пропусков в переменных на основе полных переменных. Однако он включает в себя дополнительный шаг, на котором происходит увеличение каждой предполагаемой оценки на нормально распределенный остаточный терм, что в свою очередь возвращает вариативность данным и позволяет эффективно избавиться от погрешностей, связанных с использованием метода стандартных регрессионных замен.

По аналогии со стандартным методом регрессионных замен стохастический метод начинается с анализа полных случаев, чтобы составить набор регрессионных уравнений, которые позволят предсказать значения пропусков в неполных переменных, основываясь на полных. Подставляя наблюдаемые оценки в эти уравнения, получаются предполагаемые значения пропусков в данных. На последнем шаге метода данным возвращается вариативность путем добавления нормально распределенного остаточного коэффициента к каждой из предполагаемых оценок.

Применение метода стохастических регрессионных замен для многомерных наборов данных с несколькими структурами данных с пропусками обычно является более сложной задачей, так как для каждой структуры необходимо составить свое собственное регрессионное уравнение (или систему уравнений). Процесс построения регрессионных уравнений аналогичен стандартному методу регрессионных замен. Еще один нюанс, касающийся многомерных данных, заключается в том, что для каждого регрессионного уравнения необходимо собственное остаточное распределение. Каждое остаточное распределение это так же кривая нормали с нулевым

математическим ожиданием, однако, дисперсии отличаются друг от друга в зависимости от структуры данных с пропусками. В структурах, в которых есть две или более переменных с пропусками, остаточное распределение является многомерной нормалью с нулевым вектором математического ожидания и ковариационной матрицей, соответствующей остаточной ковариационной матрице, которая основана на многомерной регрессии неполных переменных от полных.

Метод стохастической регрессии является не плохой альтернативой методам максимального правдоподобия и множественных замен, так как он дает точные оценки параметров с данными MAR (Missing At Random – данные со случайными пропусками). Тем не менее, метод стохастической регрессии, как и любой другой метод с одиночными заменами, увеличивает стандартную ошибку, что повышает вероятность возникновения ошибок первого рода. Так или иначе, стандартные методы анализа принимают подставленные данные в качестве настоящих и успешно игнорируют дополнительную ошибку выборки, связанную с пропусками в данных. Следовательно, стандартные ошибки, полученные в результате одиночных замен в наборе данных, будут малыми.

В ходе изучения данных с пропусками было разработано целое множество методов обработки таких данных. В первую очередь выделяют классические методы и методы оценки максимального правдоподобия и множественных замен. Ввиду не точных оценок классические методы являются наименее пригодными к обработке данных с пропусками, однако регрессионные замены позволяют добиться погрешности, соизмеримой с погрешностью, которая получается при оценке максимального правдоподобия или множественных заменах. Метод стохастических регрессионных замен является дополнением к регрессионным заменам. Добавляя дополнительную итерацию в ходе обработки данных, повышается вариационность данных и снижается погрешность.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Little, R.J.A., & Rubin, D.B. Statistical analysis is with missing data, 2002, vol. 63, pp. 581-592.

[2]. Graham, J.W, Taylor, B.J., Olchowski, A.E., & Cumsille, P.E., Planned missing data designs in psychological research. Psychological Methods, 2006, pp. 323-343.

[3]. Schafer, J.L., & Graham, J.W., Missing data: Our view of the state of the art. Psychological Methods, 2002, pp. 147-177.

Фролов Павел Валерьевич - студент кафедры «Программное обеспечение ЭВМ, информационные технологии, прикладная математика» КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: frolovpavelfnk@gmail.com.

Белов Юрий Сергеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ybs82@mail.ru.

П.В. Фролов, Ю.С. Белов

ОБРАБОТКА ДАННЫХ С ПРОПУСКАМИ МЕТОДОМ УСРЕДНЕНИЯ ДОСТУПНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

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

На протяжении многих лет ученые пытались решить проблемы пропусков в данных. В ходе этой работы было разработано целое множество различных методов, начиная от классических, заканчивая оценкой максимального правдоподобия и методом с множественными заменами.

Психологи постоянно используют анкетные вопросы, чтобы выявить состояние депрессии. Каждый из вопросов отвечает за разные симптомы депрессии (например, грусть, упадок сил, бессонница, чувство безнадежности). Вместо того, чтобы анализировать ответы на вопросы каждого индивида, исследователи обычно вычисляют шкалу оценок путем суммирования или получения среднего значения вопросов, которые относятся к одной и той же теме. Результирующая шкала оценок отображает общее состояние каждого испытуемого (например, высокое значение относительно данной шкалы указывает на более депрессивные симптомы).

Часто случаются такие ситуации, в которых испытуемые отвечают не на все вопросы, а только на некоторые. Вместо того, чтобы исключать вопросы, на которые отказались отвечать респонденты, исследователи часто вычисляют шкалу оценки путем усреднения доступных оценок. Например, если испытуемый ответил на 8 вопросов из 10, то его шкала оценок будет равна среднему значению от этих 8-ми элементов анкеты. Умножая конечное среднее значение на общее количество вопросов (например, 10), получаем шкалу оценок в виде суммы. Выбор между суммой и средним значением является не критичным. Усреднение доступных элементов является эквивалентом подстановки полных средних значений у испытуемых на места пропусков, поэтому его и называют «личная средняя замена».

Метод средней личной замены был не достаточно хорошо изучен в ходе эмпирических исследований, поэтому трудно предсказать эффективность данной процедуры. Стоит отметить, что это процедура может дать не точные оценки параметров с MCAR (Missing Completely At Random – данные с абсолютно случайными пропусками) данными. Единственный фактор, который может повлиять на эффективность данного метода, заключается в вариативности средних арифметических значений и корреляций элементов. Например, метод усреднения доступных значений будет уместным, если у всех элементов одинаковое математическое ожидание, однако при использовании данного метода может возникнуть проблема, если у элементов с пропусками и полных элементов будут разные математиче-

ские ожидания. Аналогично, эта процедура работает лучше, если корреляции между элементами относительно равны по своему значению.

Метод усреднения доступных элементов является наиболее распространенным подходом при работе с пропусками в данных на уровне элементов анкет.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Little, R.J.A., & Rubin, D.B. Statistical analysis is with missing data, 2002, vol. 63, pp. 581-592.

[2]. Graham, J.W, Taylor, B.J., Olchowski, A.E., & Cumsille, P.E., Planned missing data designs in psychological research. Psychological Methods, 2006, pp. 323-343.

[3]. Schafer, J.L., & Graham, J.W., Missing data: Our view of the state of the art. Psychological Methods, 2002, pp. 147-177.

Фролов Павел Валерьевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: frolovpavelfnk@gmail.com.

Белов Юрий Сергеевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: ybs82@mail.ru.

С.Г. Гуров, Е.В. Вершинин

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ LEAP MOTION

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

Leap Motion – это технология, позволяющая распознавать и захватывать движения рук, преобразуя эти движения в ряд соответствующих действий на компьютере. Каждый из нас на протяжении нескольких десятков лет взаимодействовал с компьютером с помощью мыши, затем появились тачпады, сенсорные экраны. Однако, не исключено, что скоро настанет время бесконтактного управления цифровыми устройствами. Leap Motion является своего рода первопроходцем технологии бесконтактного взаимодействия с компьютером. Оно отслеживает движение предметов в воздухе и позволяет человеку взаимодействовать с персональным компьютером в бесконтактном режиме.

Leap Motion представляет собой небольшое USB устройство, которое подключается к компьютеру. Передняя панель корпуса имеет затемненное стекло для обеспечения эффективной работы датчиков. За стеклом располагаются два инфракрасных датчика, благодаря которым контроллер отслеживает движение обеих рук и всех 10 пальцев, а также захватывает движение посторонних объектов, таких как ручка или карандаш, при перемещении их над устройством.

Как работает эта технология?

Под затемненным стеклом передней панели располагаются светодиоды и инфракрасные датчики. Контроллер Leap Motion сканирует пространство примерно в 8 кубических футов (2x2x2) выше устройства. Специальное программное обеспечение отслеживает движения рук и пальцев и переводит полученные данные в команды для вашего персонального компьютера. Наглядный пример работы устройства продемонстрирован на рис. 2. Программное обеспечение для Leap Motion постоянно расширяется, расширяя возможности пользователей.

Рис. 1. Схема работы устройства

Применение

Для того, чтобы начать работать с устройством, необходимо наличие установленного программного обеспечения Airspace, доступного для скачивания на официальном сайте airspace.leapmotion.com. Набор утилит данного программного обеспечения, а также список приложений, поддерживающих данную технологию, продемонстрированы на рис. 2:

Рис. 2. Доступные утилиты и приложения Airspace

Программное обеспечение представляет собой некое подобие магазина. В магазине присутствуют как платные, так и бесплатные приложения. Большинство приложений доступны только для операционных систем семейства Windows и Mac OS. В магазине на данный момент насчитывается более 140 приложений.

Помимо Airspace, имеет место быть и программное обеспечение Touchless, которое позволяет управлять интерфейсом персонального компьютера с помощью рук. Для использования бесконтактного управления компьютером необходимо запустить Touchless через Airspace. Появится иконка в трее. Управление операционной системой активируется с помощью контекстного меню.

В настоящий момент партнером по оборудованию у Leap Motion выступает компания ASUS. Вместе с ASUS данной технологией заинтересовалась компания Hewlett Packard, которая уже выпустила ноутбук HP Envy 17 со встроенной технологией Leap Motion.

Выводы:

Данное устройство, бесспорно, имеет право на существование. Ниже представлен перечень возможностей, предоставляемых данным устройством:

Перемещение по операционной системе и просмотр веб-страниц с помощью движения пальца руки;

Увеличение и уменьшение карт путем сжатия и растяжения двух пальцев;

Предоставление инженерам возможности взаимодействовать с глиняными 3D моделями;

Точность рисования 2D и 3D моделей;

Управление сложной визуализацией 3D-данных;

Возможность играть в игры, включая те, которые требуют быстрого передвижения пальцев руки;

Подписание электронных документов движением руки в воздухе;

Врачи имеют возможность управлять медицинскими 3D-данными, не снимая перчатки

Список литературы:

[1]. *Mischa Spiegelmock* Leap Motion Development Essentials. United Kingdom, Packt Publishing, 2013, p. 106

[2]. Leap Motion. URL: https://www.leapmotion.com (дата обращения 20.03.2015)

[3]. Leap Motion Россия. URL: http://leapm.ru/ (дата обращения 20.03.2015)

[4]. Leap Motion: 3D hands-free motion control, unbound. URL: http://www.cnet.com/news/leap-motion-3d-hands-free-motion-control-unbound (дата обращения 21.03.2015)

Гуров Станислав Геннадьевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: gurov.it@mail.ru.

Вершинин Евгений Владимирович – канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail:yevgeniyv@mail.ru.

Е.В. Вершинин, Г.С. Кузнецов

ПЕРСПЕКТИВЫ ПЕРЕХОДА НА СЕТИ СОТОВОЙ СВЯЗИ 5 ПОКОЛЕНИЯ

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

Сегодня всего 8% устройств использует самое современное на данный момент соединение 4G, при этом 60% всех девайсов работают на 2G, но уже идет разработка мобильной сети - 5G. Сети пятого поколения появится примерно в 2020 году.

На рисунке Рис.1 представлено время появления сетей уже существующих поколений.

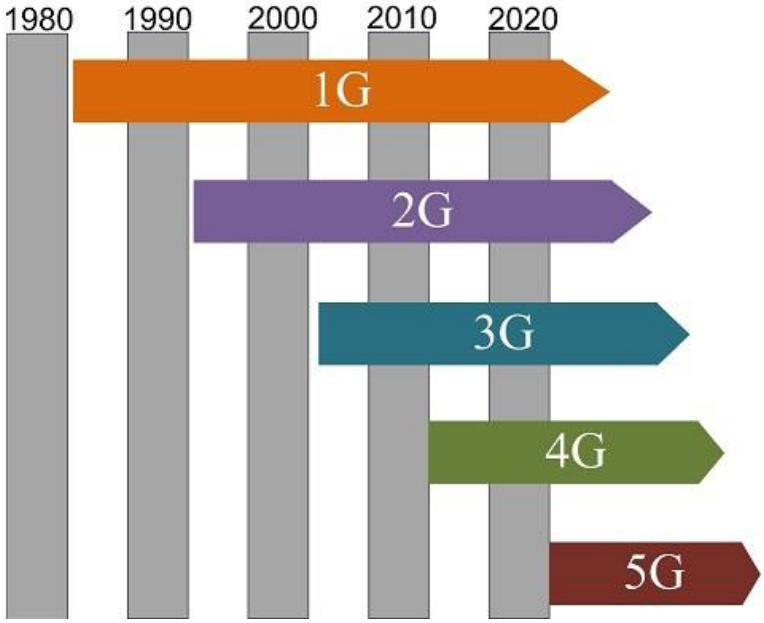


Рис.1. Время появления сетей

Что же нового нам предоставит мобильная сеть 5G? Самое важное отличие от предыдущих поколений, это увеличение скорости до 10 Гбит/с, что в 100 раз превосходит результаты самого «быстрого» на сегодняшний день мобильного устройства.

Технология пятого поколения будет применяться «умные» антенны способные подстраиваться под абонента изменяя диаграмму направленности в зависимости от конкретных условий. Так же в сети 5 поколения будет присутствовать технология MIMO (метод, позволяющий увеличить полосу пропускания канала, при котором передача данных осуществляется с помощью антенн и их приёма другими антеннами). Данная технология появилась еще и в сети 3 поколения, работает в режиме 2x2, то есть данные передается сразу по двум независимым каналам, что позволяет увеличить скорость передачи почти в два раза.

В новой мобильной сети будет реализованна технология device-to-device, то есть когда абоненты общаются на расстоянии десятков метров друг от друга будет проходить только сигнальный трафик, позволяющий тарифицировать такие вызовы, а сами данные будут проходить напрямую между устройствами.

На сегодняшний день ведущими компаниями по разработке сетей 5 поколения является: Huawei и Samsung. Компания Huawei в ноябре 2014 года объявила о своем участи в создании Инновационного центра 5G (5GIC) в Англии.

5 GIC станет ведущей организацией по изучению и тестированию технологий 5G. На территории центра будет построен испытательный стенд, где новые технологии могут быть протестированы в реальных условиях. Создание испытательного стенда займет около года и будет проходить в 3 этапа. Первый этап начнется в апреле 2015 года. На данном этапе будет инициирована облачная сеть радиодоступа для сверхплотной сети с непревзойденной емкостью для конечных пользователей. Затем последует проверка новой формы сигнала 5G.

Компании Samsung удалось установить рекорд по передачи данных, добившись пропускной способности в 7,5 Гбитс/с, причем тестирование проводилось на открытом пространстве в частотном диапазоне 28 ГГц, что превышает результаты тестирования 5G в мае 2013 года – тогда Samsung стала первой в отрасли компанией, добившейся скорости 1 Гбит/с в 5G сети 28 ГГц.

Масштабное тестирование планируется организовать в 2017-м. Коммерческое внедрение сетей 5G ожидается к концу десятилетия, однако Южная Корея надеется запустить пробную 5G сеть во время Зимних Олимпийских Игр 2018, и компания Huawei планирует продемонстрировать сеть нового поколения во время Чемпионата мира по футболу в 2018 году.

Список литературы:

[1]. Huawei работает над развитием технологии 5G. URL: http://www.huawei.com/ilink/ru/about-huawei/newsroom/press-release/ HW_274561?KeyTemps=wireless,%20????????????%20????? (дата обращения 21.03.2015).

[2]. Samsung Electronics добилась рекордной скорости работы 7,5 Гбитс/с в сетях 5G. URL: http://www.samsung.com/ru/news/local/samsung-electronics-sets-the-fastest-ever-5g-data-transmission-rate (дата обращения 21.03.2015).

[3]. Сети 5G: что это? URL: http://habrahabr.ru/post/243525/ (дата обращения 21.03.2015).

Вершинин Евгений Владимирович – канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail:yevgeniyv@mail.ru.

Кузнецов Глеб Сергеевич - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: kalugazippo@yandex.ru.

И.А. Косенков, Ф.А. Плотников

ПРОБЛЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ СПРИНТОВ В SCRUM

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

К любому программному проекту предъявляются требования, в которых отражается то, что заказчик хочет получить от продукта. При использовании гибких методов(Agile) управления проектами, а именно методологии SCRUM, такие требования собираются и приоритезируются в бэклоге продукта. Бэклог продукта(productbacklog)-это список требований к разрабатываемому продукту, с проставленными приоритетами, у каждой задачи. Каждое такая задача (элемент/требование) называется элементом бэклога продукта(productbacklogitem,PBI) и представляет собой одно требование к продукту.

Сложной задачей является планирование спринта. Спринт-это фиксированный период времени (от 2 до 4 недель), в ходе которого команда реализует набор функций продукта.То есть планирование заключается в том, чтобы выбрать задачи из бэклога продукта и выполнить их в рамках предстоящего спринта. Обычно для этого проводятся собрания, которые длятся около 8 часов. Они состоят из двух частей: первая- посвящена непосредственно выбору работы из бэклога продукта, вторая-команда создает бэклог спринта из задач, определенных в первой части.

Одним из основных принципов SCRUM является контроль рисков. Вместо того, чтобы брать на себя большие обязательства(большие риски), Scrum-команда берет ряд несколько обязательств меньшего объема(низкие риски). Таким образомSCRUMпозволяет управлять и минимизировать риски, путем разбиения сложных задач на меньшие управляемые части. Поэтому важно определится с задачами, которые попадут в бэклог спринта.

Итак, в ходе планирования спринта, необходимо четко определить цели(sprintgoal), условия приемки(acceptancecriteria), то есть команда и владелец продукта должны иметь четкое представление того, что означает готовность каждого элемента и бэклогспринта-четкий набор задач.

Команда разработчиков назначает *баллы* (points) PBI-элементу. Основной причиной использования баллов является то, что на ранних этапах разработки не известно, сколько времени фактически потребуется для реализации той или иной задачи. Другой причиной использования баллов вместо единиц времени является то, что идеальное время для разных людей может быть разным. Если оценку выполняет не тот человек, который фактически будет делать работу, оценка может оказаться неточной.И, наконец, еще одна причина использования баллов: оценка идеального времени может быть ошибочно истолкована как оценка фактического времени.

Фактическое время – это время, которое займет работа, с учетом всех прерываний рабочего процесса, происходящих в течение обычного рабочего дня. На задание, оцененное в пять рабочих дней, фактически может уйти восемь-девять дней, если учесть ежедневные совещания, телефонные разговоры, ведение переписки по электронной почте и проверки (инспекции).

Оценивая задачи в баллах, фактически сравниваются относительная сложность их реализации. Оценивая одну задачу в один балл, а вторую – в пять баллов, фактически заявляется, что реализовать вторую задачу в пять раз сложнее, чем первую. Однако,это не обязательно значит, что времени на вторую задачу потребуется в пять раз больше.

Для оценки задач в баллах можно использовать способ Покера Планирования.*Покер Планирование*– это способ командного согласования оценки сложности или объема работы при разработке программного обеспечения. В этом способе делается попытка минимизировать влияние, оказываемое на оценку преждевременными комментариями участников команды. Для каждого оцениваемого задания каждый член команды выбирает свою карту оценки (карты имеют значения 0, 0.5, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 20, 40, 100), таким образом, что его карту не видит никто из других игроков. После того как все игроки сделали свой выбор, карты раскрываются (и происходит обсуждение).

Таким образом покер планирование очень часто используется SCRUM командами, но не в карточной форме. Этот алгоритм используют, например, в групповом чате, где есть возможность также давать оценки, но такое голосование получается открытым, поэтому каждая команда персонализирует для себя этот метод.

Литература:

[1]. *Архипенков С.*Руководство командой разработчиков ПО. — М.: Москва, 2008. — 80 с.

[2]. *Резник С.*Scrum. Профессиональный подход — М.: Эком, 2012. — 415 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.

Е.И. Борщова, А.Е. Потапов

СЕМАНТИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ БИБЛИОТЕКИ

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

Электронной библиотекой (ЭБ)является система, поддерживающая сбор, управление, распространение и хранение электронных ресурсов с целью их эффективного и долговременного использования [1]. Система содержит в себе описание большого количества объектов: каталогов, электронных ресурсов, читателей, библиотекарей, авторов, издательств и т.п., над которыми производятся операции описания объектов, проведение категоризации по определенному признаку, поиск нужного электронного ресурса, реализация формирования профиля пользователя электронной библиотекой, рекомендации новых изданий читателям. Зачастую при создании библиотеки используют реляционную базу данных, в которой хранятся данные, которые описывают связи каждого объекта с другими объектами (контекстные данные), а также данные, описывающие содержание самих объектов (контентные данные) [2]. Однако, необходимость внесения каких-либо изменений в реляционной схеме, ведет к изменению большого количества программного кода, логические выводы невозможны, описание объектов имеет свои ограничения, как и взаимодействие между разными ЭБ. Все это ведет к разработке новых архитектур.

SemanticWeb. Семантические электронные библиотеки.Перечисленные проблемы решаются с помощью описания семантики (смысла) содержания электронного ресурса, используя модели представления данных, таких как семантические сети, онтологии и фреймы [3]. В настоящее время наиболее совершенным считается онтологическая модель в рамках технологии SemanticWeb. Существует набор готовый технологий, при помощи которых онтологические модели могут быть созданы, описаны и использованы. К Semantic Web относятсяязыки RDF (Resource Description Framework) и OWL (Ontology Web Language). Созданы системы, реализующие работу с RDF-данными и онтологическими моделями, например, редакторы и RDF-хранилища. В языке RDF данные описываются триплетами, элементы которых задаются URI-идентификаторами. Разделение элементов на классы и реализация взаимосвязей задается с помощью онтологической модели. В данной статье рассматриваются семантические ЭБ, описание контента которых осуществляется с помощью набора триплетов. Поиск, категоризация, формирование рекомендаций реализуется на основе семантических контекстных и контентных метаданных.

Онтологии семантической электронной библиотеки. Суть идеи данного подхода заключается в использовании онтологии предметнойобласти, представленной в виде некой структуры, описывающей значения элементов данной области. Онтологии состоят из экземпляров, понятий, атрибутов и отношений [4].

Экземпляр является элементом самого нижнего уровня, по нему производится первоначальная классификация. Пример: материалы, планеты, книги.

Понятия – коллекции (наборы) объектов. Например, экземпляр «книга», а понятие для него «Евгений Онегин».

Атрибуты позволяют хранить информацию об объекте. Пример: автор Пушкин А.С., годы создания 1823-1830.

Отношения – зависимости между объектами онтологии. Таким образом, на одну и ту же предметную область имеется возможность посмотреть с различных точек зрения в зависимости от поставленных задач, учитывая уровень детализации.

Семантические модели информационных ресурсов. Объекты ЭБ описаны метаданными, представляющими собой структурированную информацию, отражающую их содержание. На основе метаданных формируются метаописания – набор метаданных, соответствующий какому-либо ресурсу [5]. Семантическими метаданными ресурса является описание его относительно формальной модели, которая определяет семантику области знаний. Ресурс может рассматриваться как контекст, так и контент. Контекстные метаданные (набор триплетов) ресурса описывают все его взаимосвязи с другими ресурсами, а контентные (набор кортежей) информацию, содержащуюся в ресурсе. Хранение онтологических и семантических моделей электронной библиотеки организовано в базе знаний, представляющей собой множество триплетов RDF-хранилища [6]. База знаний состоит из онтологических моделей, метаописаний и экземпляров понятий, состоящих из набора свойств: свойств типов данных (DatatypeProperty) и объектных свойств (ObjectProperty)

Классификация метаописаний, использующихся в семантических электронных библиотеках [5]:

Метаописания электронных ресурсов, которые состоят из контекстных и контентных метаданных.

Метаописания разделов каталогов.

Метаописания профилей пользователей, представляющих собой набор триплетов, описывающих информацию, связанную с пользователем, например, электронные ресурсы, их авторы, издания и т.п.

Метаописания поисковых запросов.

Архитектура семантических электронных библиотек. Архитектура разделяется на шесть уровней, которые соответствуют этапам обработки запросов (рисунок 1) [7]. Уровень представления системы осуществляет поддержку взаимодействия с клиентским приложением и web-браузером, которые выполняют запросы к системе. Уровень представления осуществляет подготовку данных для клиента в различных форматах. Уровень подготовки данных служит проверкой соответствия данных требованиям сервиса и пользовательским правам доступа к нему. Важным уровнем является уровень бизнес-логики, реализующий системные функции библиотечной системы, таких как навигацию, рекомендацию, категоризацию, поиск, аннотирование, администрирование. Уровень абстрактных моделей описывает при помощи набора интерфейса и классов все объекты, процессы,

провайдеры. Уровень источников данных представлен RDF-ханилищем, базой индексов документов, URI-идентификаторами и базой близостей.

Рисунок 1 – Многоуровневая архитектура семантической библиотеки

Активное развитие электронных библиотек требует создания подходов к работе с явным описанием содержания электронных ресурсов. В данной статье предложен такой подход на основе использования технологий SemanticWeb.

Список литературы

[1]. Воройский Ф.С. *Электронные библиотечные системы.* Санкт-Петербург, Библиотекарь, 2011,305 с.

[2]. ШрайбергЯ.Л. *Автоматизированные библиотечно-информационные системы: состояние, выбор, внедрение, развитие*. Москва,Либерея, 2010, 271 с.

[3]. Грибов В.Т. *Технология SemanticWeb*. Москва, Наука, 2011, 237 с.

[4]. Долгов А.И. *Онтологии и их использование. Москва,* Изд-во Москва, 2012, 209 с.

[5]. Абраменко В.В*Семантические метаданные.*Москва, МГИК, 2013, 309 с.

[6]. Смирнов К.Д. *Базы знаний.* Москва,Либерея, 2013, 197 с.

[7]. Демидов А.Н. *Многоуровневая архитектура.* Москва, Профизлат, 2011, 250 с.

Борщова Елизавета Игоревна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: liz.za2012@yandex.ru.

Потапов Андрей Евгеньевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.

В.В. Савхалов, Н.А. Борсук, И.В. Чухраев

СРАВНЕНИЕ MV* ФРЕЙМВОРКОВ JAVASCRIPT

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

В настоящее время производство различного рода приложений, информационных систем и интернет-ресурсов занимает огромную нишу в индустрии разработки программного обеспечения. Ни для кого не секрет, что реализованное приложение или программа должна иметь высокую функциональность, должна быть интуитивно понятна для управления и должна иметь эстетически приятный интерфейс. Для того, чтобы приложение было именно таким, при этом не теряя скорости разработки, можно использовать фреймворки.

Фреймворк — это структура программной системы; программное обеспечение, облегчающее разработку и объединение разных компонентов большого программного проекта.[1] Он предоставляет разработчикам каркас будущего приложения и решение задач, встречающихся в большинстве проектов.

В данной статье будут рассмотрены популярные фреймворки:

Angular

Backbone

CanJS

Ember

Выбор JavaScript MVC фреймворка — тяжёлая работа. Нужно учесть много факторов: гибкость, продуктивность разработки, обучаемость, производительность, защищённость от утечек памяти и т.д.[3]

Существуют сотни удивительных плагинов и библиотек, делающих специализированные функции. Как правило, они делают это лучше, чем инструментами в наборе стандартной поставки. Важно иметь возможность интегрировать их с выбранным MVC-фреймворком.

Backbone — наиболее гибкая структура, с минимумом соглашений и рамок. Необходимо будет самому сделать много решений при использовании Backbone.CanJS почти такой же гибкий, как Backbone, так как позволяет легко интегрировать другие библиотеки с минимальными усилиями.

Ember и Angular ещё до некоторой степени гибки, но иногда придётся бороться с фреймворком, если вам не нравятся некоторые его действия.

Angular позволяет делать сложные вещи типа двунаправленной синхронизации. Но после того как вы узнали основы, дальше порог обучения становится выше: открывается сложная структура с большим количеством особенностей.[2] Чтение документации затруднено из-за специфического жаргона и малого количества примеров.

Backbone — довольно прост в освоении. Но вскоре обнаруживаете, что не хватает понимания того, как лучше структурировать код. Нужно будет просмотреть или прочитать несколько учебников, чтобы познакомиться с лучшими практиками. Вы обнаружите, что, вероятно, надо узнать ещё и библиотеку надстройку типа Marionette или Thorax.

CanJS — наиболее лёгкая из данной группы по обучаемости. Просто из canjs.us вы будете знать почти всё, что нужно для продуктивности.

Ember тоже имеет высокий порог обучения, как и Angular.

Производительность не будет решающим фактором при выборе фреймворка, потому что для большинства применений они все достаточно производительны. Но это, конечно, зависит от того, что вы делаете с фреймворком.

Защищённость от утечек памяти это — важный фактор для длительно открытых одностраничных приложений. Angular, CanJS и Ember будут обходить проблемы эффективно, как будто вы пользуетесь только передовым опытом. Backbone требует делать эту работу своевременного удаления обработчиков.

Можно сделать вывод, что идеального фреймворка, подходящего для всех задач нет. Поэтому выбор MV* фреймворков JavaScript индивидуален для каждого разработчика.

Пристатейный библиографический список источников:

[1]. BackBone. URL: http://backbonejs.ru/ (дата обращения 15.03.2015).

[2]. Angular. URL: http://angular.ru/ (дата обращения 08.03.2015).

[3]. Обзор JS-фреймворков. Путешествие через джунгли JavaScript MVC. URL: http://habrahabr.ru/post/149594/ (дата обращения 12.03.2015).

Савхалов Владислав Владимирович - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: savkhalov@yandex.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.

Чухраев Игорь Владимирович – канд. техн. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: savkhalov@yandex.ru.

УДК 004.9

А.Е. Потапов, А.А. Соломатин

ТЕХНОЛОГИЯ OLAP ДЛЯ АНАЛИЗА УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

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

В статье рассматривается необходимость внедрения и преимущества применения технологии многомерного анализа данных OLAP. Описаны принципы работы технологии, а также раскрыта суть представления данных в виде «OLAP-куба».

Ключевые слова:*OLAP – куб, измерения, срез*

Многие предприятия, работающие с большим объемом информации, хранят её в базах данных или хранилищах. Это связано с тем, что фиксирование и хранение в бумажном видесоздает множество проблем. Сейчас, количество информации, требующей хранения на неопределенный срок, с каждым годом увеличивается в несколько раз[1]. Если бы она находилась не в электронном виде, то занимала бы слишком много места. К тому же возможна потеря, а самое главное медленный анализ огромного объема данных.

Но это относится не только к предприятиям, а так же институтам, а именно факультетам и кафедрам, где накапливается информация обо всех студентах и, например, их отметках по различным дисциплинам. Качественный и быстрый анализ этих данных позволит принимать решения и выдвигать некоторые гипотезы. Поэтому на кафедрах необходимо применять технологии анализа данных.

Для этих целейиспользуют различные технологии, такие как: Data-Mining, OLAP (On-LineAnalyticalProcessing), VisualMining и другие. Каждая из них имеет свои особенности, преимущества и недостатки. Наиболее подходящая использования в институтах, OLAP-технология, так как она позволяет делать выборку из статических и редко обновляемых данных, а также имеет более удобное наглядное отображение. Чтобы получить необходимые о студентах данные, хранящиеся в базе данных, необходимо написать запрос, результатом которогобудет таблица вида «набор атрибутов - число»(рис. 1).

	Фамилия	Имя	Отчество	Название_дисциплины	Оценка
1	Крючков	Дмитрий	Федорович	Философия	4
2	Спиртов	Борис	Анатольевич	Математика	3
3	Спиртов	Борис	Анатольевич	Правоведение	4
4	Спиртов	Борис	Анатольевич	Физика	5
5	Спиртов	Борис	Анатольевич	Физкультура	5
6	Спиртов	Борис	Анатольевич	Философия	4
7	Цыганова	Ксения	Игоревна	Литература	2
8	Петросян	Евгений	Павлович	Литература	2
9	Спиртов	Борис	Анатольевич	Литература	4
10	Совков	Прокофий	Акакиевич	Математика	3
11	Совков	Прокофий	Акакиевич	Правоведение	4
12	Бритова	Анна	Валентиновна	Физика	4
13	Бритова	Анна	Валентиновна	Физкультура	3
14	Тарасова	Ольга	Тимофеевна	Философия	5
15	Тарасова	Ольга	Тимофеевна	Философия	4
16	Барангов	Антон	Васильевич	Правоведение	3
17	Барангов	Антон	Васильевич	Физика	4
18	Волушки...	Лидия	Петровна	Физкультура	3

Рис. 1. Таблица данных для анализа, полученная при помощи запроса из БД

Использование такой таблицы неэффективно при большой выборке, т.к. ожидать результат запроса довольно долго, могут возникнуть ошибки или понадобиться другие данные. Из-за этого появляется необходимость писать новые запросы, делать новые выборки, что приводит к высокой нагруженности на сервер.

Особенностью технологии OLAP является использование так называемого «OLAP-куба». Это означает, что данные образуют многомерный набор, который зачастую называют гиперкубом или метакубом[2]. Такой куб состоит из измерений, которых может быть сколь угодно, и меток. Измерение – это последовательность значений одного из анализируемых параметров. Например: у кафедры измерениями могут выступать группы. Таким образом данные в виде «OLAP-куба» имеют вид:

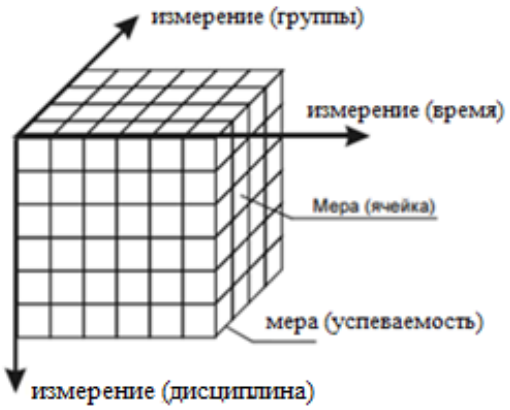


Рис. 2. Наглядное представление «OLAP – куба»

Это лишь наглядное представление, на самом деле измерений может быть больше трех и иногда достигать даже двадцати. Следует отметить, что при анализе используется не сам куб, а его «Срез»[3].

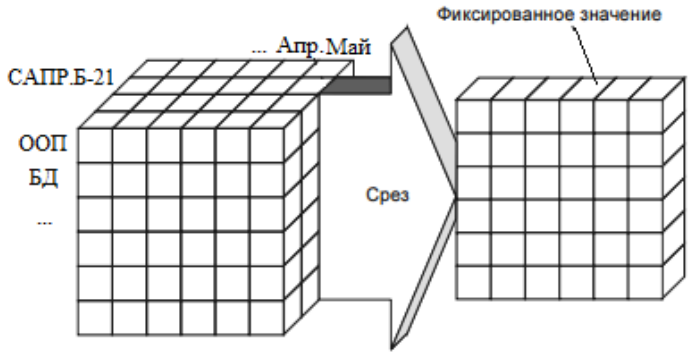


Рис. 3. Срезкуба по измерению «группы»

Такой срез позволяет выбирать из всего куба только те необходимые данные, которые входят в определенные измерения. Результатом среза будет обычная таблица Excel, очень удобно отображающая все данные для их дальнейшего анализа. Выборки производятся по каким угодно измерениям, например, можно проанализировать как со временем изменялась успеваемость групп по различным дисциплинам, или же на каком курсе студенты более подвержены отчислению.

Необходимость использования OLAP-технологии в институтах очевидна, так как становится ненужным хранение документов в бумажном виде, уменьшается возможность потери информации. Становится возможнымбыстрое проведение анализа данных, отслеживание успеваемости студентов в любой момент времени, построение на основе анализа гипотез и принятие соответствующих решений.

Литература

[1]. А. Федоров, Н. Елманова Введение в OLAP. Часть 1. Основы OLAP [Электронный ресурс] Режим доступа: kek.ksu.ru/EOS/DW/OLAP_Microsoft.pdf. Дата обращения 18.03.2015

[2]. Д. Лобач, Основы OLAP [Электронный ресурс] Режим доступа: www.olap.ru/basic/oolap.asp. Дата обращения 18.03.2015

[3]. Барсегян, А. А. Анализ данных и процессов: учеб. пособие / А. А. Барсегян, М. С. Куприянов, И. И. Холод, М. Д. Тесс, С. И. Елизаров. — 3-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2009. — 512 с.

Потапов Андрей Евгеньевич - канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.

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

Т.С. Тихонова, Е.В. Вершинин

ТЕХНОЛОГИЯ СЛЕЖЕНИЯ ЗА ГЛАЗАМИ

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

Технология слежения за глазами позволяет определить точку фокусировки взгляда человека путем сбора данных о движении глаз. Эти данные могут быть собраны в режиме реального времени, таким образом, они могут использоваться как механизм управления. В настоящее время все больше и больше компаний сосредотачивают свое внимание на реализации данной технологии.

Технология слежения за глазами может быть применена в различных областях: маркетинговых исследованиях, медицинских технологиях, компьютерных играх и многих других. Существует несколько методов реализации слежения за глазами, они подразделяются на контактные и бесконтактные. В свою очередь контактные делятся на электроокулографию (ЭОГ) и исследование магнитного поля вокруг глаза.

Система анализа магнитного поля устроена следующим образом. Непосредственно на роговицу или склеру глаза надевается линза, содержащая стержень из тонкой медной проволоки (Рис.1). Если человека поместить в магнитное поле переменного тока, положение глаза можно вычислить по уровню возникшего напряжения. Данный способ является наиболее высокоточным, но из-за дискомфорта, связанного с ношением линзы мало кому удавалось проносить ее более получаса.

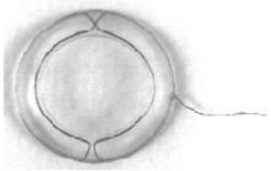


Рис.1 Линза со стержнем из медной проволоки

В электроокулографии глаз рассматривается как электрический диполь, где сетчатка это отрицательный полюс, а роговица положительный, таким образом, глаз является источником электрического поля. При движении глаза меняется ориентация диполя и потенциал электрического поля, следовательно, изменяется измеряемый сигнал. Данная технология требует небольшие вычислительные мощности и технологические затраты, но, так как электрический диполь должен быть помещен между двумя электродами, что говорит о том, что нужна некоторая аппаратура, которую необходимо носить при взаимодействии с системой, это может приносить некоторые неудобства.

К бесконтактным относится метод видеослежения. Он направлен на определение фактической точки фокусировки взгляда. Обычно это достигается за счет отслеживания блика, создаваемого ультракрасным освещением. Для того чтобы отличать поворот головы и глаз необходимо отсле-

живать две точки отражения. Обычно это отражение от поверхности роговицы (первое изображение Пуркинье) и центра зрачка. Более точные системы отслеживают первое изображение Пуркинье и отражение с внутренней стороны хрусталика (четвертое изображение Пуркинье). Наиболее сложные системы данного типа анализируют также расположение сосудов на роговице глаза и его сетчатке. Большинство систем состоят из следующих элементов: монитор, инфракрасные пушки, высокочастотная инфракрасная камера. Регистрация окуломоторной активности может быть выполнена как монокулярно, так и бинокулярно. Так как для большинства людей характерно синхронное движение глазами чаще используют монокулярные установки, которые являются более простыми и дешевыми.

Что касается реализации технологии, то компания Tobii добилась определенных успехов. Она предоставляет удобное, компактное, переносимое устройство слежения за глазами, потребляющее небольшое количество электроэнергии, работающее с операционными системами Windows, начиная с Windows 98, и подсоединяющееся к компьютеру при помощи USB (Рис.2).

Рис.2 Устройство слежения за глазами компании Tobii

На рисунке Рис.3 представлено взаимодействие человека и компьютера при использовании системы слежения за взглядом. Вместо управления компьютером через физические устройство пользователю предоставляются графические контроллеры.

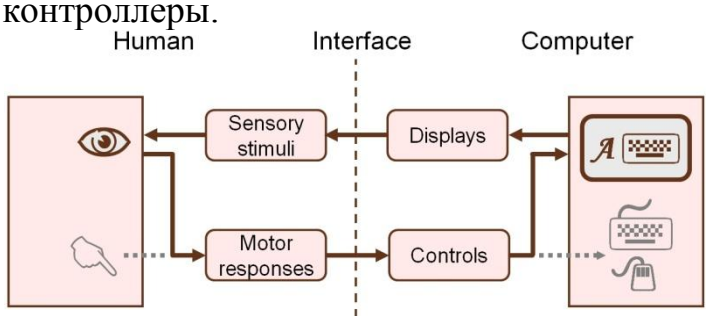
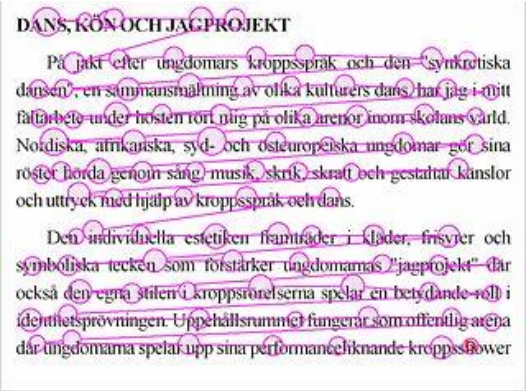


Рис.3 Схема взаимодействия человека и компьютера

Для использования данной системы как системы управления необходимы методы, которые будут охватывать как нюансы, связывающие ввод при помощи мыши, с уникальными характеристиками глаза, так и аппаратур слежения. В отличие от мыши или другого указывающего устройства, глаз не способен плавно передвигать курсор, так как изменение точки фиксации предполагает движение по, так называемым, саккакадам. (Рис.4).Так же глаз

не может зафиксироваться лишь на одном пикселе экрана. Именно здесь и скрывается одна из главных проблем, так как глазу присуще небольшое дрожание при выборе точки фокусировки. Также для системы управления взглядом необходимо выбрать сигнал, означающий нажатие кнопки. Одним из способов является выбор времени фиксации взгляда. Если это довольно большой промежуток, то пользователи раздражаются, если маленький, то происходит большое количество непреднамеренных операций.


DANS, KÖN OCH JAGPROJEKT

På jakt efter ungdomars kroppsspråk och den "synkretiska dansen", en sammansmältning av olika kulturers dans, har jag i mitt fältarbete under hösten rört mig på olika arenor inom skolans värld. Nordiska, afrikanska, syd- och östeuropeiska ungdomar gör sina röster hörda genom sång, musik, skrik, skratt och gestaltar känslor och uttryck med hjälp av kroppsspråk och dans.

Den individuella estetiken framträder i kläder, frisyrer och symboliska tecken som förstärker ungdomarnas "jagprojekt" där också den egna stilen i kroppsrörelserna spelar en betydande roll i identitetsprövningen. Uppehållsrummet fungerar som offentlig arena där ungdomarna spelar upp sina performanceliknande kroppsflower

Рис.4 Пример появления фиксаций и саккад

Технологии слежения за глазами это развивающаяся технология и у нее большое будущее. Она может и начинает использоваться в маркетинге. Можно получить информацию о том, как покупатель распределяет зрительное внимание между различными видами рекламы, как пользователь использует графический интерфейс, зная это можно организовать эффективную структуру веб-сайта. Людям с ограниченными возможностями эти технологии позволят почувствовать всю полноту мира и раскрыть огромные возможности. В настоящее время ведутся разработки систем, которые позволят полностью управлять компьютером и мобильным устройством. Люди смогут набирать взглядом сообщения и посылать их, делать звонки друзьям, создавать произведения искусства и даже играть в компьютерные игры. Таким образом современные разработчики, если они хотят быть в ногу со временем, должны быть готовы к разработке приложений для систем, управляемых взглядом.

Список литературы

[1]. Eberhardt V. Research Trends in Media Informatics. Ulm, Institute of media informatics, 2014, p.89

[2]. MacKenzie S. Evaluating Eye Tracking Systems for Computer Input. Canada, York University, 2012, p.100

[3]. This is eye tracking URL:http://www.tobii.com/en/about-tobii/what-is-eye-tracking/ (дата обращения: 20.03.2015)

Тихонова Татьяна Сергеевна - студент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail: tatjasha1802@yandex.ru.

Вершинин Евгений Владимирович – канд. физ.-мат. наук, доцент КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана. E-mail:yevgeniyv@mail.ru.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 7.
СОВРЕМЕННЫЕТЕХНОЛОГИИ В НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНО – ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И КОМПЛЕКСАХ 3

Пономарев А.И., Сидоров В.Н., Ванюшин С.Б.
Анализ главных качеств предпусковых жидкостных подогревателей..... 4

Тимофеева Н.Н., Пономарев А.И.
Анализ конструкций сепараторов для удаления примесей из вороха картофеля 8

Заболотин А.В., Плахов С.А.
Выбор механического стенда для контроля и правки кузовов..... 10

Семина Ю.С., Пономарев А.И.
Выбор стенда для диагностики и регулировки ТНВД 14

Васюкова М.А. Пономарев А.И
Выбор стенда для разборки блока цилиндров 16

Садковский Б.П., Пономарев А.И., Ильиных Н.Д.
Исследование и диагностика электронных систем управления двигателем с распределенным впрыском топлива на стенде 18

Шинкоренко Е.А., Садковский Б.П., Пономарев А.И.
Исследование подвески типа Макферсон..... 22

Пономарев А.И., Зубина В.А., Сидоров В.Н.
Моделирование динамического процесса подвески автомобиля 25

Симонов А.В., Садковский Б.П.
Модернизация задней независимой подвески переднеприводных автомобилей..... 28

Ермаков И.В., Садковский Б.П.
Модернизация ходовой части автомобиля ГАЗ 3302..... 32

Петросян А.Г., Сидоров В.Н., Пономарев А.И.
Разработка стенда для диагностики тормозной системы автомобилей 35

Ерохин С.С., Сидоров В.Н.
Способы повышения тягово-сцепных свойств колесных тракторов..... 39

Голубев М.В., Матвеев С.В.
Трехконтурная тормозная система..... 44

Щеглов В.В., Плахов С.А.
Установка ротора на неодимовых магнитах в автомобильный генератор 46

СЕКЦИЯ 8.
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ 48

Серокуров Э.А., Степанов С.Е.
Развитие искусственного интеллекта в компьютерных шахматах и его использование в прикладных задачах 49

Обрубов Ю.В., Влайков Н.Д.
Выбор астероидов, родственных Апофису, по приведенному критерию Саутворта - Хокинса 56

Дубинина М.С., Кристя В.И., Фишер М.Р.
Моделирование зависимости коэффициента ионизации в смеси аргон-ртуть от напряженности электрического поля 61

Обрубов Ю.В., Влайков Н.Д., Рыжов А.М.
О распределении средних наклонов и эксцентриситетов орбит астероидов группы Атона 64

Влайков Н.Д., Богов В.А., Каретин А.А.
Поиск астероидов, возможно связанных с (3200) Фаэтон 69

Обрубов Ю.В., Влайков Н.Д., Владыкин М.В., Ермаков А.А.
Сравнительный анализ эволюция орбиты астероида (99942) Апофис с 1900 по 2100 гг. 72

СЕКЦИЯ 9.
ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ, ГИДРОПНЕВМОАВТОМАТЫ 77

Гусев И.В., Сизов А.Н., Чубаров Ф.Л.
Следящий электрогидравлический привод в системах регулирования частоты вращения турбин средней мощности 78

Пащенко В.В., Зиновьева О.И.
Численное исследование обтекания ряда цилиндрических тел потоком жидкости 83

Пащенко В.В., Зиновьева О.И.
Численное моделирование кавитационного процесса в канале переменного диаметра 90

Пащенко В.В., Зиновьева О.И.
Численное моделирование несжимаемых турбулентных течений в окрестности цилиндрического тела 97

СЕКЦИЯ 10.
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ 104

Каширин И.В., Карышев А.А
Автоматизация документооборота диспетчерской службы на предприятиях по производству бетона и раствора 105

Карышев А.А., Багиян Д.Э.
Автоматизированная система проектирования литьевых форм 116

Хохлова О.Н., Белов Ю.С.
Алгоритм распознавания отпечатков пальцев на основе особых точек – минуций 124
Фокин И.С., Белов Ю.С.
Алгоритм распознавания рукописных символов 133
Фролов П.В., Белов Ю.С.
Введение в данные с пропусками 141
Красильникова А.С, Белов Ю.С.
Использование фильтрации в задаче распознавания изображений текстур 149
Фролов П.В., Белов Ю.С
Классические методы работы с данными с пропусками 158
Вершинин В.Е., Бобров Р.Б.
Криптографические методы защиты данных с использованием искусственных нейронных сетей 167
Сакович И.О., Белов Ю.С.
Математические модели геометрических преобразований изображения 173
Бурмистров А.В., Белов Ю.С.
Недостатки реляционных баз данных 183
Жерновкова А.П., Белов Ю.С.
Обзор существующих методов решения задач календарного планирования производства на малом промышленном предприятии 193
Широкопояс Н.Ю., Белов Ю.С.
Обзор существующих моделей распознавания жестов руки 204
Штибен А.А., Белов Ю.С.
Обзор технологий распределенных вычислительных систем 212
Стышнев В.В., Белов Ю.С.
Основы криптографической защиты информации 223
Супрун И.В., Манухина Д.В.
Особенности разработки приложений на основе технологии ClickOnce.. 232
Матазимов Г.А., Белов Ю.С.
Перспективная матрица в компьютерной графике 242
Зорина Е.В., Белов Ю.С.
Проблемы анимации человека в компьютерной анимации 254
Степаненков М.В., Белов Ю.С.
Распознавание личности по голосу: аналитический обзор 265
Кирса Д.С., Белов Ю.С.
Современные методы параллелизма и их эффективность 276

Самохин Д.С., Белов Ю.С.
Трение и тепловой поток при сверхзвуковом обтекании обратной ступеньки вязким газом 283
Силаков И.С., Белов Ю.С.
BBM Protected - безопасный сервис обмена сообщениями 296
Вершинин Е.В., Трубка Р.А.
ERP-системы с точки зрения информационной безопасности 299
Сигачев К.С., Родионов А.В.
Автоматическая противопожарная система 302
Косенков И.А., Плотников Ф.А.
Алгоритмы распознавания низкоуровневых текстур 304
Митрюшина Н.Н., Вершинин Е.В.
Использование локальных бинарных шаблонов в задаче распознавания лиц 306
Исаев А.А., Белов Ю.С.
К вопросу о визуализации и свойствах фракталов, построенных на основе простых чисел 309
Воейкова Л.А., Борсук Н.А.
Обзор технологии Ajax 315
Фролов П.В., Белов Ю.С.
Обработка данных с пропусками методом стохастических регрессионных замен 318
Фролов П.В., Белов Ю.С.
Обработка данных с пропусками методом усреднения доступных элементов 320
Гуров С.Г., Вершинин Е.В.
Перспективы использования технологии Leap Motion 322
Вершинин Е.В., Кузнецов Г.С.
Перспективы перехода на сети сотовой связи 5 поколения 325
Косенков И.А., Плотников Ф.А.
Проблема планирования спринтов в SCRUM 327
Борщова Е.И., Потапов А.Е.
Семантические электронные библиотеки 329
Савхалов В.В., Борсук Н.А., Чухраев А.В.
Сравнение MV* фреймворков JavaScript 332
Потапов А.Е., Соломатин А.А.
Технология OLAP для анализа успеваемости студентов 334
Тихонова Т.С., Вершинин Е.В.
Технология слежения за глазами 337
СОДЕРЖАНИЕ 340

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 08.04.2015.
Формат 60x90/16. Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Печ. л. 21,5. Усл. п. л. 20. Тираж 50 экз. Заказ № 95

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

ISBN 978-5-7038-4163-1