

УДК 621.3.078.4

## ВАКУУМНАЯ НАПЫЛИТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА С ДИСТАНЦИОННЫМ ДОСТУПОМ

Кардашин Максим Владимирович

*Студент 5 курса*

*кафедра «Электронные технологии в машиностроении»*

*Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана*

*Научный руководитель: В.Т. Рябов,*

*Кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронные технологии в машиностроении»*

Вакуумное напыление тонких пленок – это процесс нанесения пленок или слоев на поверхность деталей или изделий в условиях вакуума. Методами вакуумного напыления наносят металлы (Al, Au, Cu, Cr, Ni, V, Ti и другие), химические соединения (силициды, оксиды, бориды, карбиды), керметы. К примеру твердые карбидные, нитридные, на режущий инструмент из цементированных и легированных сталей (сверла, фрезы, развертки, втулки и проч.) и на формующий инструмент (матрицы, пуансоны и т.п.). Эти керамические составы предотвращают абразивный износ, который обычно имеет место при контакте металл-металл. В результате, время жизни резца увеличивается до 10 раз и скорости резания, которые непосредственно влияют на производительность, также значительно возрастают. Нанесение таких покрытий, в том числе, металлизация металлов твердыми сплавами поверхностей трения, также значительно увеличивают износостойкость деталей, особенно в подшипниках скольжения, ползунах и прочих скользящих элементах механизмов и машин. С использованием именно методов вакуумного напыления поверхностей трущихся пар, работающих в условиях фрикционного контакта, связано и бурно развивающееся в настоящее время направление получения нанокompозитных материалов и покрытий. Они позволяют создавать совершенно новые материалы с более высокими, подчас уникальными, свойствами, которые произвести другими методами просто невозможно. Эти материалы особенно востребованы в самолетостроении и связанном с ним агрегатостроении, где, во многих случаях, традиционные материалы и технологии их получения исчерпали возможности улучшения своих свойств. Поэтому необходимо оборудование в учебном процессе на котором можно наглядно продемонстрировать какими способами можно получать тонкие пленки.

Для этого была разработана установка для вакуумного напыления (УВН-1), она используется для наглядного проведения лабораторных работ по нанесению тонких пленок, для практических работ в рамках конструкторско-технологического практикума и для лабораторных работ по курсу «Системы автоматического управления». Благодаря использованию модульных фланцев установка позволяет производить напыление различными методами: магнетронным, термическим испарением, дуговым. Отличительная черта УВН-1 - её полная автоматизация и дистанционный доступ к установке с любого компьютера.

На рис. 1. показана фотография установки, на которой указаны ее основные узлы. На нижнем фланце вакуумной камеры 1 расположен испаритель, на верхнем фланце – модуль подложки, на которую и производится напыление. Компьютер 2 выполняет функции центрального контроллера и организует человеко-машинный интерфейс. Под номером 3 выделены сразу 2 узла: высоковакуумный турбомолекулярный насос внизу и клапан - «бабочка» сверху. Клапан нужен для

защиты насоса в случае аварийного отключения и для того, чтобы изменять быстроту откачки, тем самым регулируя давление в камере.

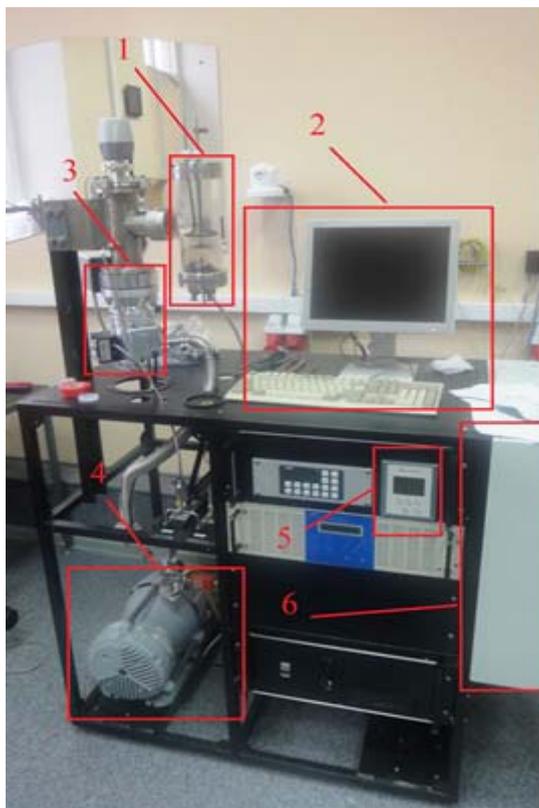


Рис. 1 Внешний вид установки УВН-1

Форвакуумный насос 4 создает предварительный вакуум, достаточный для запуска турбомолекулярного насоса. Контроллер 5 турбомолекулярного насоса управляет плавным включением, работой и выключением насоса, так как этот насос является очень высокотехнологичным устройством и количество оборотов его лопастей может достигать 40000 об/мин. Еще к контролеру подключаются вакуумметры, отслеживающие давление в системе. В установке стоит два вакуумметра: для низкого и глубокого вакуума. Шкаф 6 с системой энергообеспечения и управления показан на рис.2.

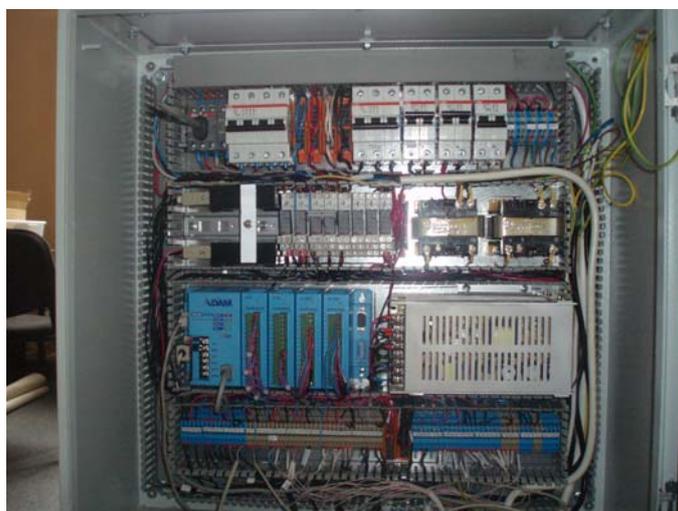


Рис. 2. Система энергообеспечения и управления

В шкафу размещены рубильник, автоматические выключатели, нужные для включения - отключения элементов оборудования, а также для их защиты от скачков напряжения, реле и клеммники, коммутирующие устройства между собой. Блок питания обеспечивает установку постоянным током. Выделяется программируемый логический контроллер, задача которого управлять оборудованием УВН-1 в «жестком» реальном времени, более подробно принцип работы которого мы опишем далее. Остались не пронумерованы, либо не отображены на рисунках вакуумный и газовый трубопроводы, газовые баллоны, пропорциональные клапаны.

На рис.3 приведена функциональная схема установки. На этой схеме отображены трубопроводы, вакуумное оборудование, а так же устройства управления, то есть весь спектр техники. Центральную роль здесь играет программируемый логический контроллер PLC, так как именно он дает команды конечным устройствам на выполнение каких-либо действий, а также снимает показания со всех датчиков. Данный контроллер имеет возможность подключения к локальной сети, что позволяет использовать установку, находясь в любой точке земного шара с доступом к интернету. А также это означает, что мы не привязаны к конкретному компьютеру, позволяя при поломке компьютера оперативно восстановить работоспособность установки.

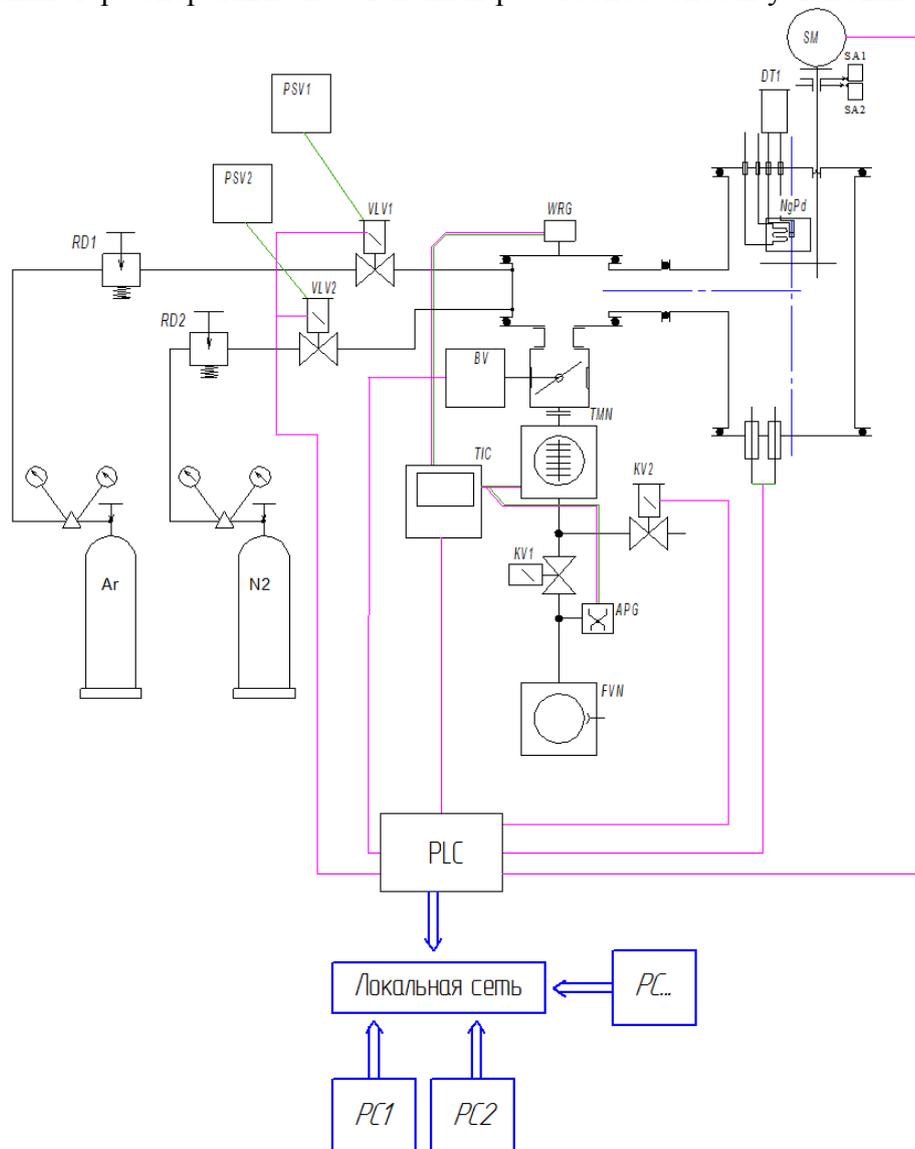


Рис. 3. Функциональная схема

Так как главной отличительной чертой УВН-1 является её полная автоматизация, следует подробнее рассказать про устройства управления. К ним относятся: персональный компьютер, программируемый логический контроллер ADAM 5510, контроллер турбомолекулярного насоса ТИС фирмы Edwards, блок управления клапаном - «бабочкой». У каждого контроллера своя функция, для которой он предназначен. Персональный компьютер организует человеко-машинный интерфейс, служит для ввода команд оператора, вывода и обработки информации с установки. Логический контроллер ADAM 5510 необходим для управления другими локальными контроллерами, управления релейными связями, получения и обработки информации получаемой от датчиков и персонального компьютера. К локальным контроллерам можно отнести: контроллер турбомолекулярного насоса, который нужен для плавного запуска, остановки насоса, считывания давления с вакуумметров, на случай аварийного отключения питания, контроллер клапана необходимый, чтобы реализовать возможность управления клапаном. Иерархия сети установки показана на рис. 4.

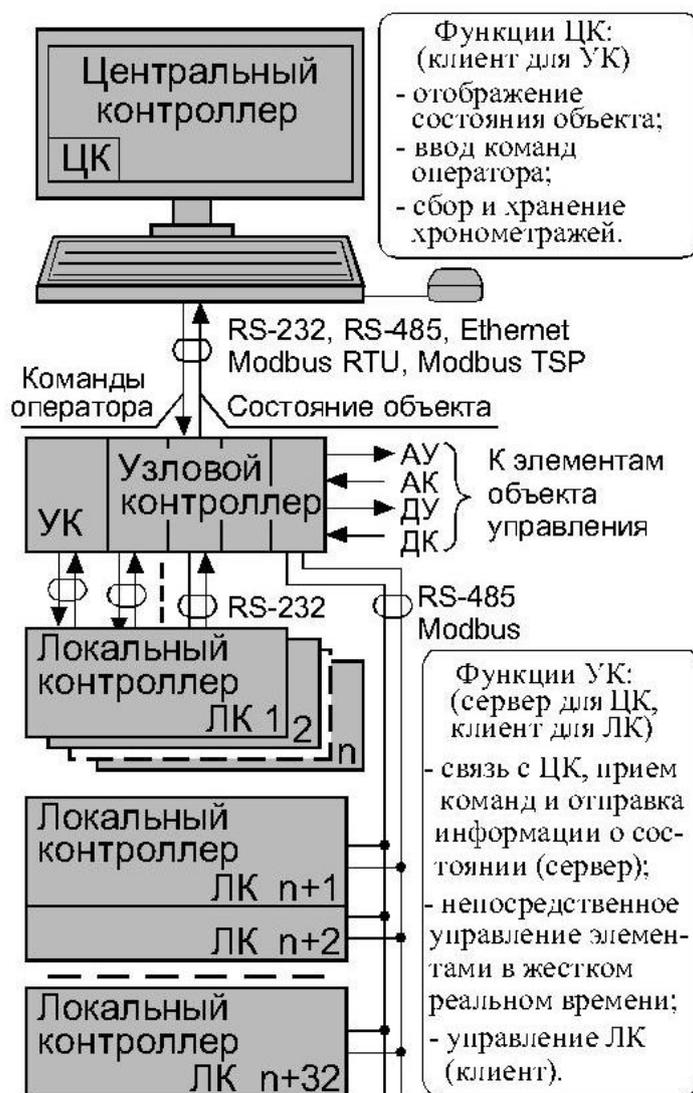


Рис. 4. Информационно-управляющая сеть установки вакуумного напыления

Управление процессами может осуществляться либо через любой персональный компьютер с специальным программным обеспечением. Весь обмен данными производится по протоколу Modbus/TCP. Протокол Modbus работает, используя клиент-серверную модель, основанную на транзакциях, состоящих из запроса и ответа. В сети есть только одно главное устройство, и несколько подчиненных устройств. Главное устройство инициирует транзакции (передает запросы) и может адресовать запрос индивидуально любому подчиненному или инициировать передачу широковещательного сообщения для всех подчиненных устройств. Подчиненное устройство, опознав свой адрес, отвечает на запрос, адресованный именно ему. При получении широковещательного запроса ответ подчиненными устройствами не формируется.

В случае с установкой УВН-1 узловой контроллер ADAM 5510 обменивается с персональным компьютером «общей» памятью ShareMem (массивом из 32 шестнадцатиразрядных двоичных слов). Данная память условно разделена на 2 части. В первую половину памяти информация записывается контроллером и считывается компьютером. Эта информация включает данные с локальных контроллеров: клапана - «бабочки», вакуумметров APG и WRG, контроллера турбомолекулярного насоса. Во вторую половину записываются команды с компьютера и дополняющие их параметры. Они считываются узловым контроллером и отправляются на локальные.

Программное обеспечение для центрального компьютера было написано в среде Delphi на языке Pascal. Оно работает в операционной среде общего назначения Windows XP, Windows 7 или 8.. Программное обеспечение узлового контроллера ADAM 5510 написано на C+, работает в среде FlashDOS и в жестком реальном времени контролирует объекты управления. При доработке программного обеспечения установки необходимо вносить изменения в обе программы. На рис. 5 показано главное окно программы центрального контроллера.

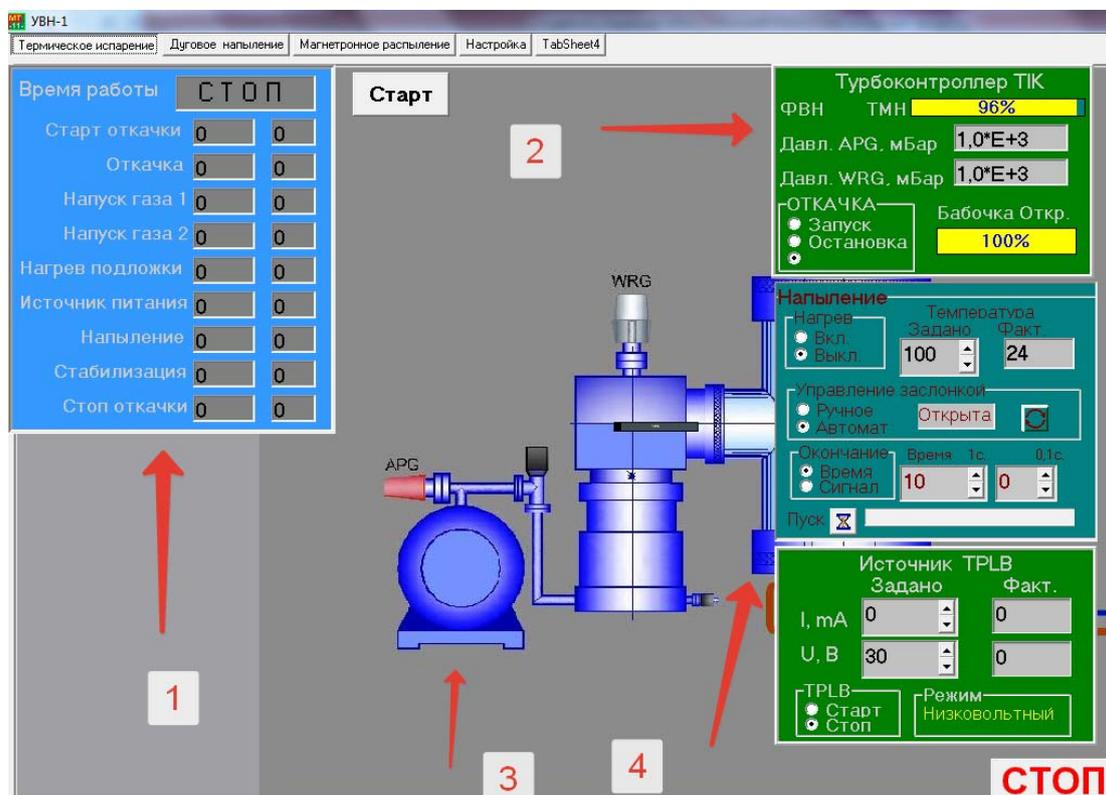


Рис. 5. Окно программы управления УВН-1

Программа позволяет управлять термическим, магнетронным, дуговым напылением, вверху программы можно увидеть переключатели для каждого режима. Стрелка 1 показывает какой процесс запущен сколько он длится по времени. По стрелке 2 можно увидеть какой насос работает и какое давление в вакуумной системе. Стрелка 3 показывает на вакуумную схему установки. По стрелке 4 можно увидеть, какие параметры можно регулировать при термическом испарении.

Также средствами программного обеспечения персонального компьютера записывается файл истории для последующей обработки полученных данных. Весь хронометраж работы записывается в типизированный файл Hstr№.hst. Причины этому две: скорость записи и объем рабочего файла.

В начале работы программа проверяет номер файла в специальном текстовом файле, после чего перезаписывает этот файл, прибавляя к считанному числу единицу. Далее программа проверяет, существует ли файл истории с таким именем, если есть - перезаписывает, а если нет, то создает файл с таким именем. После этого при работе в этот файл записывается «общая» память контроллера и ПК. Долгое время отсутствие программы для расшифровки не позволяло получать информацию из файла истории для последующей обработки. А ведь эта информация очень важна: можно получать точные зависимости одной переменной от другой, контролировать работу других операторов. В данном файле содержится подробный «лог» работы системы, содержащий около 30 параметров.

Была разработана программа для обработки, отображения и конвертации файла истории. Все эти функции компактно разместились на главном экране программы (рис.6). Для начала работы нужно открыть файл. Чтобы упростить поиск файла истории в окне открытия файла отображаются только файлы с расширением hst (рис.6).

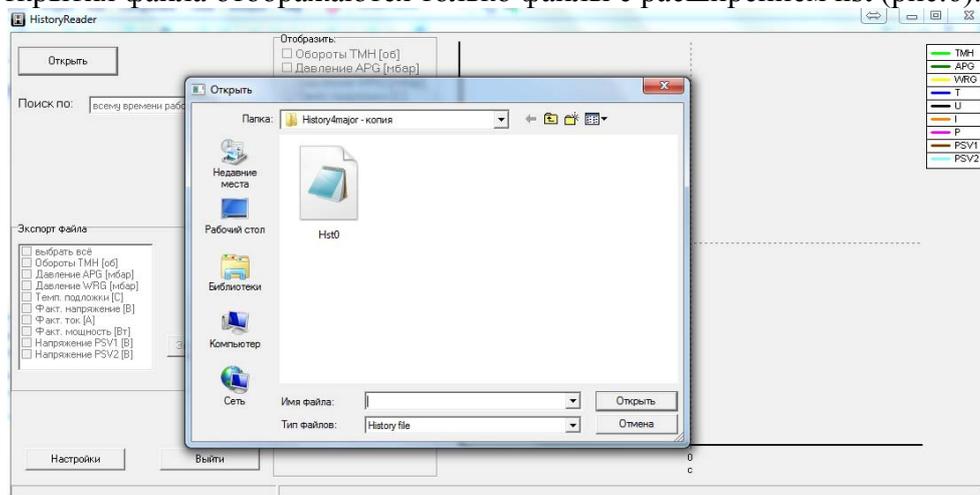


Рис. 6. Главное окно программы

После открытия файла внизу показывается путь и имя открытого файла, чтобы знать какой файл открыть. Также внизу указана длительность записанного файла истории. Можно отсеивать в файле отрезки времени по какому либо параметру, то есть например: можно смотреть какое давление была в системе в тот момент, когда пропорциональный клапан был открыт на заданное значение и так далее. Также в основном окне можно просматривать графики различных параметров, меняющихся во времени.

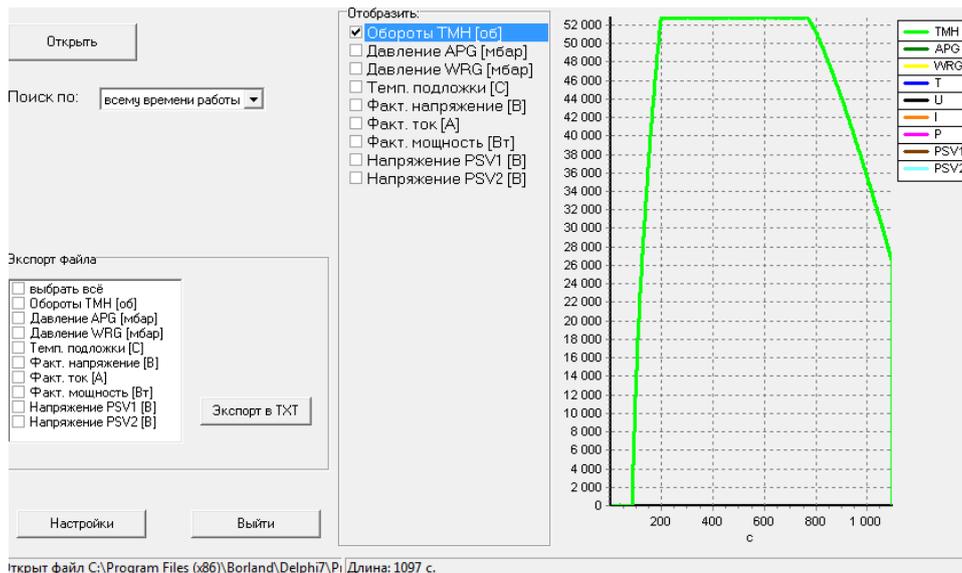


Рис. 7. Главное окно программы

После открытия файла (рис. 7) можно выбрать, что конвертировать в текстовый файл, используя пункт «Экспорт файла». Из этих данных можно получить константы для PID контроллера, зависимости одних параметров от других (к примеру, давление от потока на пропорциональном клапане).

	A	B	C	D	E
1	Обороты	APG	WRG	Т.подлож	Время
2	14	0,113696	1,252772	-112,217	1
3	14	60,43381	1000	-112,217	2
4	14	65,26615	1000	-112,217	3
5	14	71,85351	1000	-112,217	4
6	14	78,09802	1000	-112,217	5
7	0	84,8852	1000	-112,217	6
8	29	93,45273	1000	-112,217	7
9	29	99,63961	1000	-112,217	8
10	14	107,6069	1000	736,455	9
11	14	112,5455	1000	-112,217	10
12	14	119,9963	1000	-112,217	11
13	14	127,123	1000	-112,217	12
14	14	135,5389	1000	-112,217	13
15	14	144,512	1000	-112,217	14

Рис. 8 Файл истории в Excel

Использование программы дает большие возможности по работе с файлом, в дальнейшем программа будет совершенствоваться, оптимизироваться, при необходимости будут добавлены новые функции.