

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ – ШКОЛА Н.Я. МАТЮХИНА (ВЗГЛЯД ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ)

Владимир Анатольевич Луцекин

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация,  
lva735@gmail.com

**Аннотация** – В докладе рассматривается история первого использования системы автоматизации проектирования (АСП-1), созданной под руководством Н.Я. Матюхина. Рассказ ведётся не от лица программиста или разработчика системы автоматизированного проектирования, а от лица разработчика цифровой аппаратуры специального назначения, одного из первых пользователей различных компонентов системы. Рассказывается об опыте последовательного использования автоматизированной системы проектирования практически на всех этапах создания «изделия».

**Ключевые слова** – ТЭЗ, АСП, САПР, функциональное и логическое моделирование.

Посвящается памяти  
Александра Борисовича Залкинда

– Дело в том, что я лично присутствовал при всём этом...  
М.А. Булгаков. *Мастер и Маргарита*

### I. ВВЕДЕНИЕ

В середине – конце 60-х годов прошлого столетия во многих организациях – НИИ, академических институтах, вузах – проводились работы по созданию программных средств автоматизации проектирования. Появились первые публикации. Одна из первых «монографий» по теме автоматизации проектирования была издана в 1968 году [1]. Большинство публикаций, конференций, диссертационных работ по автоматизации проектирования описывали алгоритмы, процессы разработки с точки зрения собственно разработчиков программных средств автоматизации проектирования. Но эти средства, как правило, создавались не как некоторая самоцель, а как инструмент разработки технических средств, и, в первую очередь, цифровой техники. Пионерами в разработке АСП можно смело назвать подразделения, которые были созданы и которыми руководил Н.Я. Матюхин в одном из НИИ Министерства радиопромышленности. А подразделением, которое в том же НИИ «с колёс» использовало средства АСП, руководил А.Б. Залкинд.

В воспоминаниях [2] А.Б. Залкинд рассказывает о том, как он отказался от предложения Н.Я. Матюхина возглавить отдел автоматизации. Начальником этого отдела стал Е.И. Гурвич. К тому времени Е.И. Гурвич был хорошо известен специалистам по электронной технике как соавтор работы [3]. Публикаций со стороны пользователей средств АСП (САПР) было совсем немного. В настоящем сообщении делается попытка осветить некоторые моменты практического внедрения средств АСП. В этом рассказе будет мало фамилий разработчиков программных средств САПР. Практически все эти разработчики являлись авторами в сборниках [1, 4].

### II. КОНСТРУКТОРСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ДОКУМЕНТАЦИЯ

В НИИ, где работал коллектив Н.Я. Матюхина и А.Б. Залкинда [1, 6], первыми были внедрены некоторые программы конструкторского проектирования, такие как программы трассировки, компоновки и размещения. Именно внедрены, хотя параллельно с разработкой программ конструкторского проектирования велись активные работы по функциональному, логическому проектированию и по автоматизированному выпуску текстовой конструкторской документации. Казалось, что в этих работах в первую очередь должны были быть заинтересованы конструкторские подразделения. Но многие конструктора, как рядовые сотрудники, так и руководители, на первых этапах развития автоматизации воспринимали внедрение подобных работ в штыки. Говорили о неэффективности, затратности (шесть солдат заменяют один экскаватор) и т.д.

Почему на первых порах конструкторами (и не только ими) автоматизация воспринималась негативно – не совсем понятно. Возможно, боялись конкуренции и проявления собственной некомпетентности, возможно, боялись сокращений, а, скорее всего, просто не хватало знаний и кругозора, чтобы понять выгоды от автоматизации. Что касается возможного сокращения числа сотрудников, в частности конструкторов, то об этом в то время было много разговоров. Наиболее оптимистично настроенные (или просто из желания продвинуть свои идеи и методы) говорили о сокращении сроков

разработки и количества работников различных специальностей и различного уровня в 2-3 раза. Были специалисты, в основном из числа разработчиков аппаратуры, которые утверждали, что сокращение сроков составит 20%-30%, а численность персонала вообще может и не сократиться (при том уровне методов автоматизации и мощности средств вычислительной техники). Одной из тех, кто придерживался подобного мнения, была Г.Е. Водарская.

Первым ТЭЗ (Типовой Элемент Замены), прошедшим полный цикл логического и конструкторского проектирования с выпуском СхЭ (Схема Электрическая Принципиальная) был ТЭЗ итогового сумматора для канала обмена данными с магнитным барабаном. Сама история разработки этого устройства (узла) примечательна. Следует отметить, что создаваемая в то время ЭВМ [6] проектировалась по принципам построения IBM 360. Основным источником знаний по IBM 360 была книга В. Штаркмана [5]. Штаркман не был автором книги, а редактором перевода, но все называли её «книга Штаркмана». Как говорил Е.Г Сталин эта книга для нас – Библия. В разрабатываемой ЭВМ впервые использовался подход (принцип) «канального обмена с внешними устройствами».

Одним из таких устройств был магнитный барабан, в то время одно из самых быстрых и объёмных устройств внешней памяти. Разработкой канала обмена с магнитным барабаном занималась группа В.П. Бирюкова. Среди других разработчиков была молодой специалист (не по статусу, а по возрасту) М.К. Костюк. Но вернусь к ТЭЗ итогового сумматора. При передаче данных на магнитный барабан и обратно, контроль должен был вестись на основе подсчёта суммы значений переданных байтов. Необходимо было разработать итоговый накапливающий сумматор. Г.Е. Водарская и разработала такой сумматор. Г.Е. Водарская применила оригинальный для того времени приём. В решении проблемы были использованы две идеи.

Первая – вертикальная «нарезка» разрядного оборудования, метод, который применялся нами с Галиной Ефимовной при разработке канала связи с центральным запоминающим устройством – канал ЦЗУ. При таком подходе резко сокращалась номенклатура используемых ТЭЗов, но требовалась разработка специализированных ТЭЗов, а не использование стандартных, разработанных отделом В.П. Гурнина. Вторая идея более специфичная.

Так как во многих элементных базах в основе лежала схема И-НЕ (штрих Шеффера – отрицание конъюнкции), то при сложении в прямых кодах в цепочке переноса в старший разряд приходилось ставить инвертор, что замедляло время выполнения операции сложения и увеличивало объём оборудования. Водарская предложила подавать на вход сумматора разряды данных, чередуя через разряд прямой и инверсный коды. Таким образом сократилось количество микросхем, увеличилась скорость получения контрольной суммы, что повлекло за собой и увеличение скорости обмена с магнитным барабаном.

Кроме автоматизированного выпуска различных схем, ТО, инструкций, было необходимо автоматизировать выпуск спецификаций: на основе перечня элементов отдельных узлов (ТЭЗ, блоки, колонки...) составлялись ведомости комплектующих и ведомости покупных. Традиционно эту работу выполняли в конструкторских подразделениях на основе «первичных» перечней элементов и ведомственных или союзных классификаторов. В.Ш. Туйсиным [7] был предложен безклассификаторный метод составления различных ведомостей. Если иметь в виду, что в те времена не было ни текстовых редакторов (процессоров), ни электронных таблиц, можно смело сказать, что работы Туйсина были пионерскими.

### III. ЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Разработка конструкторской документации на ТЭЗ итогового сумматора (не логической, а принципиальной схемы) была проведена полностью по циклу системы автоматизированного проектирования. Было сделано Описание Логических Связей (ОЛС): соединение логических элементов до их компоновки в конкретные микросхемы (в условных контактах). Было создано Описание Временных Диаграмм (ОВД) и проведено Логическое моделирование ТЭЗ – итоговый сумматор. Основным партнёром разработчиков в проведении моделирования была Т.П. Куликовская. Разработчики работали с ней в самом тесном контакте долгое время. Через несколько лет, когда разработка система АСП-1 (Автоматизированная Система Проектирования) уже была закончена, группа разработчиков была удостоена Премии Ленинского Комсомола.

В получении Премии, а не в работах по автоматизации проектирования, принял активное участие А.Н. Гуничев, о котором А.Б. Залкинд невольно отозвался в своей книге [1]. У Гуничева брат работал в ЦК ВЛКСМ, и через него удалось включить разработчиков в список на соискание, а, возможно, и получить премию. Гуничев за содействие был включен в список лауреатов. На встрече в НИИ,

посвящённой 50-летию института, Куликовская рассказывая, как Гуничев ей жаловался, что потерял лауреатский значок, заметила, что хоть какая-то справедливость восторжествовала.

Как-то Куликовская сказала, что, если ещё раз будет разработка системы моделирования, она не сдаст её в эксплуатацию, пока не апробирует на ТЭЗах разработки Водарской. Действительно, ТЭЗы разработанные для канала КЦ (Канал связи с Центральным ЗУ) были одними из самых сложных и насыщенных. А тесты – ОВД – были наиболее полными и объёмными. Комплект документов на этот ТЭЗ, впрочем, как и на другие, разработанные в отделении Н.Я. Матюхина и прошедшие цикл (даже неполный) автоматизированного проектирования, был выпущен машинным способом. Другие ТЭЗы ещё долго выпускались вручную, и документация на них была «рисованная», а не распечатанная.

Правда, с распечаткой документации с использованием ЭВМ случались различные коллизии. Так, согласно ЕСКД, знак инверсии в СхЭ должен был изображаться на выходе логического элемента маленьким кружочком, вроде такого: «<sup>o</sup>». Это не ноль и не «о». В наборе символов печатающих устройств, таких как АЦПУ-128, такого символа не было. На нашем предприятии через СТП (Стандарт Предприятия) был утверждён в качестве знака инверсии знак «больше» (>). Для того, чтобы добиться использования такого символа, пришлось выдержать крупные «бои» с Отделом нормализации и стандартов (ОНС). Только поддержка «высокого руководства» позволила включить в СТП символы, не включённые в ЕСКД.

Вообще, вид документа напечатанного на АЦПУ, а не нарисованного тушью на кальке или не напечатанного на пишущей машинке, приводил ОНС почти в истерику. Здесь, наверное, имеет смысл сделать ещё одно отступление, имеющее непосредственное отношение к вопросам автоматизации. Объём конструкторской документации, которая должна была храниться в нескольких экземплярах, рос очень быстро. В места эксплуатации также поставлялась эксплуатационная документация. Необходимо было сокращать объёмы хранения. Было принято решение о микрофильмировании документации, т.е. документацию фотографировали и хранили плёнки или «микрофиши». И всё было бы хорошо, если бы не выяснилось, что требования к шрифтам при микрофильмировании не соответствуют стандарту символов АЦПУ. Таким образом, работы по автоматизации выпуска текстовой документации оказались напрасной тратой сил и времени. Первый выпущенный комплект документов на ТЭЗ итогового сумматора торжественно свернули в трубочку, обвязали красной лентой и отнесли демонстрировать тогда ещё не академику В.С. Семенихину. Ещё несколько слов о логическом моделировании, создании теста для устройств и контроле готовых изделий. Как уже упоминалось, имеется несколько подходов к составлению временных диаграмм для моделирования и контроля изделий. Можно составить тест (временную диаграмму) по уже готовой схеме и провести моделирование. При этом не проверяется правильность реализации схемы, её соответствие заданию.

Другой подход подразумевает создание временной диаграммы для моделирования и контроля готового изделия на основании идеи или ТЗ на разрабатываемое устройство. При таком подходе проверяется соответствие реализации самой идеи разработки, но возникает масса различных трудностей. Не говоря уже о том, что многим разработчикам была непонятна сама идея такого подхода, трудно выработать алгоритм создания такого теста и определить критерии полноты. Если при проведении моделирования и создании теста на основе принципиальной схемы можно было определить типы выявляемых ошибок (наличие неисправности типа одиночной константы «нуля» или «единицы»), то при «функциональном» подходе такие критерии установить сложно. Для обеспечения полноты контроля необходимо было бы провести проверку на всём наборе возможных (а не только допустимых) значений входных переменных. Г.Е. Водарская была сторонницей и проводником идеи «функционального» подхода. Такой подход был встречен жесткой оппозицией Е.И. Гурвича. Кроме чисто технических и теоретических возражений, он использовал и административные и конъюнктурные методы. Е.И. очень боялся, что подход Водарской создаст конкуренцию работам, которые проводились в его подразделении. Е.И. Гурвич как-то сказал автору примерно следующее: «Володя, неужели Вы считаете, что Галя сможет составить конкуренцию моим ребятам? И вообще, ей не хватит теоретических знаний...»

#### IV. ПРОИЗВОДСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ

Вопросы, связанные с автоматизацией производства являлись одним из звеньев в цепи цикла разработки, производства и эксплуатации изделий. Поэтому в подразделениях Матюхина-Залкинда разрабатывались методы и средства автоматизированного контроля и диагностики технических средств, а также технологической подготовки и самого производства.

Эксплуатацию можно рассматривать как продолжение производства. Особенно всё, что связано с восстановлением работоспособности. Методы и средства контроля и диагностики должны

соответствовать таким же методам и средствам, которые используются при выходном контроле на предприятии-изготовителе. Можно перечислить некоторые из таких средств:

- комплекс программных и аппаратных средств прошивки ДЗУ и их контроля и диагностики;
- устройство подмены команд в ДЗУ для отладки программ;
- стенды контроля ТЭЗ и блоков.

#### V. ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

При формализации описания функционирования изделий использовался язык функционального моделирования МОДИС-В. Первое формальное описание цифровых устройств на языке МОДИС было использовано при составлении технических описаний ТО на ЭВМ «предпоследней» разработки коллектива А.Б. Залкинда [6]. Представитель заказчика называл этот язык «птичьим» [1]. На местах эксплуатации такие описания были восприняты крайне негативно. Хотя формальные описания использовали в ИТМ ВТ для БЭСМ-6. Работа с языком МОДИС-В для нас началась с попыток моделирования канала КЦ. Дело в том, что согласно плану работ, мы должны были передать конструкторскую документацию на завод-изготовитель где-то до конца мая 1970 г. К этому времени разработка ещё не была завершена. И на завод-изготовитель зачастую передавались «пустышки» СхЭ, спецификаций и монтажных схем (СхМ). Мы точно знали, что до осени будет вестись технологическая подготовка производства, создание оснастки, составление маршрутно-технологических схем, приобретение комплектующих, не под конкретные устройства, а общего назначения. И мы рассчитывали к осени завершить разработку, провести изменения в документации и передать на завод-изготовитель.

Цикл подготовки производства, запуска изготовления первых блоков в то время составлял несколько месяцев, и у нас было «свободное» время. И было принято решение попробовать провести функциональное моделирование канала КЦ. Что такое функциональное моделирование, разработчики тогда понимали плохо. Основным разработчиком системы функционального моделирования был А.М. Енгальчев. В моделировании нашего блока приняли участие все разработчики: Г.Е. Водарская, Е.А. Овчинникова (Е.А. Анно) и автор при поддержке и консультациях А.М. Енгальчева.

На первых этапах нам было совершенно непонятно, как вносить изменения в описание модели при обнаружении ошибок. Енгальчев объяснял примерно так: «Вы нашли неправильную связь. Что вы делаете при настройке блока? Вы отпаиваете проводник от контакта, и припаиваете его на другое место. Так и тут: вы в описании схемы удаляете описание связи или выражение, описывающее функционирование этой части схемы и делаете другое описание». Неподготовленность в вопросах моделирования вылилась в то, что разработчики взяли очень короткий временной такт моделирования, меньше длительности такта работы устройства микропрограммного управления. Из-за этого резко возрастало время моделирования одного такта микропрограммы, т.е., практически, пытались проводить не функциональное моделирование, а что-то среднее между логическим моделированием и «физическим» – на уровне не логики, а сигналов. Свою ошибку мы быстро поняли, но время ушло.

Описание модели и временных диаграмм моделирования подготавливалось на специальных бланках, которые передавались в отдел подготовки данных, там они переводились на перфокарты, выдавались «распечатки» этих перфокарт – описание модели, которые надо было сверить с бланками. В случае обнаружения ошибок отдавались необходимые данные для перебивки. Никакого терминального доступа в то время ещё не было, и цикл подготовки данных занимал значительное время – дни. Когда данные были подготовлены, заказывалось машинное время на ВЦ предприятия на ЭВМ типа М-220. Машинное время выделялось нерегулярно и недостаточно. Машины работали неустойчиво. Данные переносились на магнитные носители – магнитные ленты. На магнитных лентах же находилась и система моделирования, которую каждый раз необходимо было загружать в память ЭВМ. Загрузить систему и данные с первого раз не всегда удавалось, а если учесть, что и система ещё не была отработана, и отработка, по существу, проходила на блоке канала КЦ, можно представить, сколько моральных, физических и временных затрат это всё потребовало.

Чтобы не погружаться в технические подробности, коротко можно сказать следующее: из 256 микрокоманд было промоделировано порядка 8. И это дало грандиозный эффект: когда поступили под настройку каналный блок, разработчики канала КЦ не стали включать свой блок под напряжение: уже было ясно, что надо менять в принципиальной схеме и в микропрограмме. Функциональное моделирование позволило резко сократить период настройки и, наверное, первыми завершить автономную настройку каналного блока. В дальнейшем функциональным моделированием на МОДИС занималась группа, которую возглавил В.М. Соболев, а основным помощником был М. Александрович. Они проводили работы по моделированию не для какого-то конкретного устройства, а для подразделения А.Б. Залкинда в целом.

## VI. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

При НИИ существовала базовая кафедра МИРЭА. На кафедре преподавали профессор Н.Я. Матюхин, доцент А.Б. Залкинд, ассистент Г.Е. Водарская, автор – старший преподаватель В.А. Лушекин и ещё несколько сотрудников из подразделений Матюхина-Залкинда. По предложению Г.Е. Водарской в рамках курса ЭВМ и вычислительных систем был разработан цикл лабораторных работ по использованию средств автоматизации проектирования. Вся работа по внедрению этих лабораторных работ проводили сотрудники группы Г.Е. Водарской – Е.А. Анно и В.А. Лушекин. Техническое сопровождение вели Г. Газумян и Е.В. Климова (Омурбаева). Для проведения работ был разработан стенд с десятью попарно сдублированными разъёмами для установки ТЭЗ. Один разъём пары был предназначен для установки ТЭЗ. Дублирующие разъёмы были предназначены для коммутации. Коммутация осуществлялась при помощи специально разработанных шнуров–соединителей.

Студентам выдавалось задание на разработку простейшего цифрового устройства (регистр сдвига, реверсивный регистр, шифратор, дешифратор, сумматор...). Предоставлялся набор ТЭЗов. Необходимо было составить формальное описание устройства на языке МОДИС-В, составить функциональную схему и реализовать её при помощи имеющегося набора ТЭЗов. Собрать устройство. Создать тест для проверки функционирования устройства. В распоряжение базовой кафедры был предоставлен стенд контроля на базе ЭВМ «Наири-М», а позже АСК АМЕРИСТ-1. Разработанное студентами устройство для АСК представляло собой ТЭЭ (по количеству входов/выходов и по типу разъёма). Далее проходила стандартная отладка, как теста, так и самого устройства. После завершения отладки, преподаватель мог внести константную неисправность (разорвать цепь – логическая единица или подать ноль питания – логический ноль), т.е. проводилась проверка на условную полноту теста. Такие лабораторные работы наряду с теоретическим курсом, готовили студентов к практической работе при разработке технических средств в НИИ.

## VII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отдел Автоматизации проектирования перевели в отделение Главного технолога (В.Г. Журавский), после ухода из НИИ Е.И. Гурвича. Отдел возглавил В.В. Гольдин. Г.Е. Водарская создала Комплексную Систему Автоматизации Разработки – КОСАР, успешно внедрённой в Отделении А.Б. Залкинда и на заводе–изготовителе. Летом 1977 года Галина Ефимовна успешно защитила диссертацию на ученую степень к.т.н., но вручение диплома не состоялось – в октябре того же года Галины Ефимовны не стало... Также давно с нами нет большинства разработчиков, как аппаратуры, так и первых вариантов Автоматизированной Системы Проектирования... На заводе–изготовителе систем, разработанных в НИИ, были внедрены методы автоматизации технологической подготовки производства, самого производства и контроля готовой продукции. На местах эксплуатации систем были внедрены автоматизированные системы контроля и диагностики технических средств, что помогло значительно увеличить Коэффициент готовности систем в целом. За последние 55 лет в автоматизации проектирования изменилось практически всё. И сейчас, наверное, современным специалистам, студентам соответствующих специальностей трудно даже представить, что так приходилось работать. Можно вспомнить слова А.М. Горюхицкого из песни, посвящённой памяти Юрия Визбора:

«Нас не вспомнят в избранном – мы писали плохо,  
Нет печальной участи первых петухов...»

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Применение вычислительных машин для проектирования цифровых устройств. Под ред. Матюхина Н.Я. М.: Советское радио, 1968.
2. Залкинд А.Б. Маленькие истории о больших и средних ЭВМ. М.: ТЭСИС, 1998.
3. Гурвич Е.И., Щукин Л.Б. Ферротранзисторные элементы и их применение в цифровых автоматических устройствах. М.: Госэнергоиздат, 1963. 153 с.
4. Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Курейчик В.М. Применение графов для проектирования дискретных устройств. М.: Наука, 1974. 304 с.
5. Вычислительная система IBM/360: Принципы работы. Под ред. В.С. Штаркмана. М.: Советское радио, 1969. 440 с.
6. Малиновский Б.Н. История вычислительной техники в лицах. К.: фирма «КИТ», ПТОО «А.С.К.», 1995. 384 с.
7. История создания и развития кафедры ЭВМ в Казанском авиационном институте // <https://www.computer-museum.ru/articles/materialy-mezhdunarodnoy-konferentsii-sorucum-2014/668/>