

Школа Никлауса Вирта

*«обучение путем подачи хорошего примера часто — самый эффективный, а иногда — и единственно возможный метод»
Вирт Н. [9]*

Темиргалеев Е. Э.
(18.01.2014, испр. 10.02.14)

I. «...как можно преподавать инженерную дисциплину без личного опыта!»

Вирт Н. [2, 1]

Проект «Оберон» (1986-1990) силами всего двух участников — Никлауса Вирта и Юрга Гуткнехта — произвёл полноценную операционную систему «Оберон» для персональных компьютеров «Церера» и её основное ПО, включавшее текстовый и графический векторный редакторы, а также компилятор языка «Оберон». Практически вся система и всё ПО написаны на ЯВУ «Оберон», который появился в ходе проекта именно для этой цели. Дополнительное ПО, создаваемое посредством базовых средств — текстового редактора и компилятора, естественным образом интегрируется в ОС, расширяя её возможности [2, «2.2.5 Расширяемость»]. [1] [2]

Основными же целями проекта для Вирта было получение собственного опыта разработки ОС, достижение полного понимания каждой детали, и формирование материала для учебного курса по разработке операционных систем, который ему было предложено читать. Существующие на тот момент коммерческие системы были настолько запутанны и сложны, что одному человеку полностью понять их устройство не представлялось возможным. Тем более, что это понимание нужно было чётко систематизировать, выделить основополагающие принципы и уместить в ограниченный объём учебного курса. [2, 1] [6]

Установившийся ключевой принцип работы — сосредоточиться на основных функциях и принципах, отсекая незначительные и второстепенные детали — и дал в результате [8]:

- более простой и мощный ЯП «Оберон», производный от языка «Модула-2» [3];
- ОС «Оберон» — перепроектированный с нуля образ ОС «Cedar» фирмы «Херох» [4], исчерпывающее описание которой вместе с исходными текстами уместилось в книгу средних размеров — «Проект Оберон: Разработка операционной системы и компилятора» [2].

Успех был закреплён завершением Виртом параллельного проекта «Церера 1-3» (1984-1990) с введением в офисах и большинстве студенческих лабораторий швейцарского Федерального Технического Университета (ETH) в эксплуатацию 100 компьютеров «Церера 3». Эти машины специально разрабатывались для массового применения удешевлёнными в производстве и эксплуатации без потери мощности, тихими¹. Они были объединены в компьютерную сеть² и обслуживались серверной машиной «Церера 1» [5]. ОС «Оберон» стала не просто учебным пособием, но и реальным инструментом работы для студентов и сотрудников университета. [1]

Результативность проекта «Оберон» подтвердила правильность выводов предыдущего исследовательского проекта: «... разработка одноязыковой системы не только возможна, но и выгодна. ... Более того, проект Лилит доказал выгоду хорошо соответствующих друг другу разработок аппаратуры и программного обеспечения.» [9]. Эти слова — о языке «Модула-2» и ПК «Лилит»³ — из лекции, прочитанной Виртом при получении в 1984 году

1 Механически движущиеся компоненты, в частности, охлаждающие вентиляторы, — отсутствовали.

2 Обратите внимание на предыдущий проект: «Компьютерная сеть» (1980-82) [1].

3 Проекты ПК «Лилит» (Lilith, 1977-1981) и ЯП «Модула-2» (Modula-2, 1977-1980) [1]. Также см. проект «Компилятор ЯП Модула-2» (Modula-2 Compiler, 1983-85) [1] — «однопроходный компилятор для Модулы-2, по скорости и компактности на порядок превзошедший альтернативные разработки» [10].

премии Тьюринга, аналога Нобелевской в информатике.

Там же лауреат подчёркивает, что «обучение путем подачи хорошего примера часто — самый эффективный, а иногда — и единственно возможный метод» [9]. Переданный Виртом опыт⁴ мы можем отметить в многочисленных научных и практических работах как непосредственных его учеников и коллег из ЕТН, так и многих других людей, перенимавших опыт опосредованно. Последнему способствуют ясные и компактные, доведённые до блеска за десятки лет совершенствования учебники⁵, такие как: «Алгоритмы и структуры данных» [11], «Конструирование компиляторов» [12] и уже отмеченный выше «Проект Оберон: ...» [13].

II. «Continued Simplicity: 25 Years of Oberon»

конференция «Oberon Day 2011»

«С помощью проекта Оберон мы продемонстрировали, что гибкая и мощная система может быть создана с привлечением существенно меньших ресурсов и в более короткое время, чем обычно. Эпидемия неконтролируемого роста размеров программного обеспечения не обусловлена никаким "законом природы". Этого можно избежать, и именно инженер-программист призван отсекал всякую избыточность в разрабатываемых им программах.» Так, в статье [24] от 1995 года о программном обеспечении, которое «растёт до тех пор, пока не заполнит всю доступную память (Паркинсон)» и «замедляется быстрее, чем ускоряется аппаратура (Рейзер)», Вирт озвучивает простую истину: если программные инженеры будут применять в своих работах инженерные принципы, т. е. будут добросовестно выполнять свою работу, то смогут достичь лучших результатов и с меньшими усилиями. Сложность осознания этих слов в том, что отрасль изготовления ПО находится во младенчестве, а инженерные принципы для программного обеспечения в стадии формирования. В отличие, например, от строительства, где без сопромата и помыслить нельзя даже о проектировании зданий. Автор цитированной статьи не голословен — на основе собственного положительного опыта он предлагает к рассмотрению девять таких принципов. О том же — культуре разработки ПО — он говорит в интервью [25] (опубликовано в 1997 году), огорчаясь, что ни в производстве, ни даже в науке, пока не наблюдается явно выраженного стремления к поиску и применению инженерных принципов, а пользователи совершенно некритично принимают всё как есть⁶.

После проекта Оберон, распознав в ПЛИС удобный и дешёвый инструмент для обучения проектированию цифровых схем, Вирт переключается на работу по тематике проектирования аппаратного обеспечения на ПЛИС⁷. Применяя проверенный подход (сосредоточиться на основных функциях и отсекал избыточные), он создаёт язык описания аппаратных средств (hardware description language) Lola и сопутствующий набор инструментов в системе Оберон [26]. Невозможность использовать коммерческие языки в обучении обуславливалась необходимостью разбирать множество побочных проблем. [1]

В 1995 году Вирт присоединяется к проекту «Автоматическое управление моделью вертолёта»⁸, в котором участвует в создании бортового компьютера и сопутствующих

4 Подборку списка работ см. http://oberoncore.ru/members/wirth_n

5 См. раздел «Преподавание» (Teaching) [1].

6 А задуматься стоит. Приобретая, например, технику, тот же компьютер, мы ожидаем гарантии её работы в течении нескольких лет. И что в случае поломки она будет заменена на новую или безвозмездно отремонтирована. При покупке же ПО мы обычно подписываем лицензионное соглашение, согласно которому производитель нам ничего не должен. Да ещё и безвозмездно предоставляем свою технику в качестве полигона и работаем испытателями, сообщая подробности о происходящих сбоях.

7 Проект «Hardware Design with FPGAs» (1990-99): 25 машин «Церера-3» в студенческом классе были оснащены соответствующими аппаратными средствами. [1]

8 Проект «Automatic Control of Model Helicopter» [1]. Подборку публикаций см. http://oberoncore.ru/projects/automatic_control_of_model_helicopter

инструментальных средств. В частности — специализированной версии языка Оберон и его компилятора для процессора Strong-ARM. [1] Полученный опыт он применяет для дальнейшего совершенствования языка Оберон, публикуя в 2007 году уточнённое сообщение о языке параллельно с компилятором для процессора ARM [27].

Большинство компьютерного мира между тем продолжало и, увы, продолжает следовать всё тем же путём, применяя всего один «инженерный» принцип: изделие запустилось, следовательно оно «работает». Аппаратное обеспечение (например, современные процессоры Intel) по сложности и запутанности конструкции догнало, если не перегнало, программное. Между тем эта сверхсложность, как для программного, так и для аппаратного обеспечений, таит в себе две угрозы информационной безопасности:

- сильно увеличенную в сравнении с простыми системами вероятность наличия дефектов⁹, вносимых по ошибке;
- потенциальную лёгкость сокрытия дефектов умышленных, так называемых закладок (back doors), которые позволяют контролировать систему извне [13, Preface to the 2013 edition].

Избыточная сложность аппаратного обеспечения родила идею применить философию проекта Оберон и к нему [8, слайд 8]. Об этом Вирт рассказывает 27 мая 2011 года на конференции «Oberon Day 2011» [6, 15:20 и 21:00], а его коллега Пол Рид кратко докладывает о проделанной к тому времени работе. Окончательный результат представлен в 2013 году переобработанными учебниками «Конструирование компиляторов» [12] и «Проект Оберон: разработка операционной системы, компилятора и компьютера»¹⁰ [13]. В последнем:

- добавились две главы о компьютере — реализации RISC-процессора (на языке Verilog) и его обвязки для дешёвой FPGA-платы «Xilinx Spartan-3», которая заменила собой системный блок ПК «Церера»;
- уточнено определение ЯП Оберон [28];
- главы, посвящённые компилятору и обслуживанию операционной системой аппаратных средств, скорректированы в соответствии с изменениями в оборудовании.

III. «Никто не может служить двум господам: ... или одному станет усердствовать, а о другом нерадеть.»

Мф. 6: 24

На круглом столе той же конференции Вирт задаёт вопрос [7, 24:24]: почему явные достижения практически не замечаются, не применяются? Вопрос, звучащий на протяжении более 15 лет ([24] — 1995, [25] — 1997, [29] — 2002, [6]-[8] — 2011), правомочен. Сам вопрошающий говорит, что не имеет определённого ответа, но, без сомнения, причина и в деятельности крупных компаний, употребляющих своё большое влияние для распространения инструментов, сделавших их богатыми [7, 24:40].

Почему эти инструменты такие громоздкие, непрозрачные и запутывающие? [8, слайд 6] Почему образовательная деятельность профессора Вирта, ставящего целью проводить обучение «на максимально высоком уровне», подавая «фундаментальные понятия программирования столь ясно, чётко и кратко, сколь это возможно» [25], неразрывно связана и с разработкой собственных инструментов для обеспечения этой цели? Выходит, за десятилетия его работы проблема нахождения подходящего инструментария была гораздо

⁹ «Количество атак с использованием Java-эксплойтов в период с сентября 2012 года по август 2013 года составило 14,1 млн, что на треть больше, чем за предыдущий аналогичный период. ... за 12 месяцев ... в Java была обнаружена 161 уязвимость. Для сравнения: в период с сентября 2011-го по август 2012 года была выявлена лишь 51 уязвимость. Шесть из вновь обнаруженных уязвимостей получили статус критических, то есть максимально опасных, и именно они активно использовались злоумышленниками в атаках.» [31]

¹⁰Тексты учебника, исходные тексты ОС на языке Оберон и компьютера на Verilog приведены на сайте автора: <http://www.inf.ethz.ch/personal/wirth/ProjectOberon/>

сложнее. Очевидно, отсутствие такового нельзя объяснить неумением и невозможностью. Скорее всего, за этим стоят коммерческие интересы — зачастую индустрия преследует цель удержать знания внутри себя [6, 15:57] — «зависимость клиента более доходна, чем его обучение», потому что «клиент, который платит — вперед! — за договорный сервис, являет собой более стабильный источник дохода, чем клиент, который полностью самостоятельно освоил продукт» [24].

«Еще одной характерной чертой компьютерной индустрии является тот факт, что поставщик, которому удалось первым выбросить продукт на рынок, как правило, получает ощутимые преимущества над конкурентом, чей аналогичный — и лучший по качеству! — продукт появляется вторым.» [24] Очевидно, что одна из причин этого — недостаток у производителя ответственности. Экономической — в виде издержек на возмещение клиенту за продукт, работающий со сбоями¹¹. Моральной — в виде первостепенной цели поставлять качественный продукт для удовлетворения потребностей клиента вместо максимизации собственной прибыли любой ценой¹². «Хорошая инженерная практика характеризуется последовательным поэтапным совершенствованием продукта, что и приводит к увеличению производительности при заданных ресурсах и ограничениях. Однако, ограничения на вычислительные ресурсы не считаются сколь-либо серьезными и с легкостью игнорируются» [24] — ведь за увеличение вычислительных ресурсов своего компьютера платит клиент¹³. Увы, «это грустное проявление духа нынешнего времени... Не ценится ничего, кроме экономического успеха и его денежного выражения» [25].

Задача вузов — учить пониманию, распространять знания [6, 15:57]. «Требуется гораздо больше таланта, проницательности и времени, чтобы спроектировать экономную, простую и эффективную систему, нежели сложную и громоздкую», поэтому «хороший дизайн должен быть в центре нашего преподавания. Но как нам учить образцовому дизайну с помощью инструментов и языков, которые делают нас посмешищем?» Индустрия программирования, неспособная «обеспечить нас идеальными инструментами ... сама страдает от чрезмерной, немотивированной сложности, а также от отсутствия регулярности и надежности в своих продуктах». При этом «вузы становятся все более похожими на коммерческие предприятия, предлагая то, что требуют и за что платят их клиенты, вместо того, что более способствовало бы развитию в долгосрочной перспективе. Но студенты сосредотачивают свое внимание на том, что даст им лучшие шансы в поиске работы, т. е. на овладении навыками, необходимыми в данный момент для работы на предприятиях индустрии. ... перед нами в высшей степени устойчивый порочный круг: учителя не могут изменить свои курсы, т. к. они должны привлечь и доставить удовольствие студентам; студенты требуют то, что практикуется в промышленности; а индустрия применяет и воспроизводит то, чему обучены ее работники.» [29]

«Только университетские преподаватели в состоянии сломать этот порочный круг ... Они просто обязаны подняться до роли лидеров.» Однако в «постмодернистской академической

11 В этом случае разница между сходными по классу и цене продуктами разного качества просто исчезает. Производителю, максимизирующему прибыль любой ценой, выгоднее делать быстрее за счёт снижения качества.

12 Подумайте о распространённых сейчас хитрых маркетинговых ходах, массивной рекламе. Зачем вкладывать средства в улучшение продукта, когда гораздо выгоднее их оказывается вкладывать в улучшение мнения клиента о продукте?

13 Готов ли кто из нас увеличить топливные расходы в два раза ради езды на легковом автомобиле, увеличенная устойчивость которого обеспечена простым утроением числа колёс? Или корпус которого украшен оригинальным чугунным литьём массой в полтонны? А так же ли мы рассуждаем, когда нам предлагают заменять ПО? Например, Windows XP на Windows 7 с приобретением дополнительной памяти для наших компьютеров, которой оплачиваем "гениальное" решение по улучшению безопасности и безотказности? (Полностью изолировать память процессов, что требует загрузки для каждой отдельной копии одних и тех же системных библиотек.) И «оригинальный стиль оформления с прозрачными многоцветными рамками окон, применяемый по умолчанию» (http://ru.wikipedia.org/wiki/Windows_7)?

среде профессор... — это менеджер большой команды исследователей, хваткий добытчик грантов, поддерживающий тесные связи с ключевыми организациями-источниками финансирования... В этом высоко конкурентном бизнесе было бы самоубийством растрчивать время на размышления о том, как лучше рассказать о простых вещах массе начинающих. ... Достижения измеряются размером команды, количеством публикаций, цитирований и докладов на конференциях и использованными ресурсами — но не преданностью делу преподавания, которую все равно невозможно измерить. ...» [29]

Увы, современные академическая среда и индустрия готовы жертвовать квалификацией выпускаемых специалистов и качеством продукции ради увеличения прибылей. Возвратимся к вопросу Вирта на круглом столе [7, 24:55] о том, что этот ответ слишком упрощённый и, быть может, есть более существенный, значимый. Но стоит ли в данном случае вдаваться в детали, когда слова, зародившиеся в колыбели западной цивилизации, — *Cui prodest?*¹⁴ — за две тысячи лет, прошедшие до наших дней, не вышли из употребления?

Решение же проблемы в руках каждого из нас. Как только мы сдвинем с первого места зарабатывать денег и поставим туда добросовестное выполнение своей работы, своего долга, следование своему призванию, так ситуация, хотя и не быстро, не сразу, но начнёт выправляться. Да, придётся отказываться от сверхприбылей и богатых источников финансирования¹⁵. Но «программирование, как искусство конструктивного дизайна» «является, возможно, самой важной новой дисциплиной постиндустриальной эры», оно «слишком важно, чтобы пожертвовать им в пользу краткосрочных коммерческих выгод и привычек» [29]...

IV. «Практика лучший учитель.»

Цицерон¹⁶

Потому под учениками Никлауса Вирта, прямыми или косвенными, понимаются старающиеся усвоить и применять методологию, принципы инженерной деятельности, которой он учит, прежде всего — своим примером. Перенятие только технических решений, когда лучшее — методология и принципы, плодами которых и стали эти решения, остались для воспринимающих за кадром, никоим образом нельзя отнести к школе Вирта [19]. Именно о таком ниже, среди примеров работ учеников Вирта, говорится — заимствование или перенятие.

Вирт — научный руководитель диссертационных работ по темам проектов Лилит/Модула:

- (1) Geissmann, Leo Bernhard. *Separate Compilation in Modula-2 and the Structure of the Modula-2 Compiler on the Personal Computer Lilith*, 1983;
- (2) Knudsen, Svend Erik. *Medos-2: A Modula-2 Oriented Operating System for the Personal Computer Lilith*, 1983;
- (3) Ohran, Richard Stanley. *Lilith: A Workstation Computer for Modula-2*, 1984;
- (4) Ostler, Farrell Lynn. *Maple: A Modula-2 File Server for the Lilith Computing Environment*, 1985;

по проектам Оберон/Церера и развитию тематики «ОС и компилятор» [2]:

- (5) Eberle, Johann Jakob. *Development and Analysis of a Workstation Computer*, 1987;
- (6) Odersky, Martin. *A New Approach to Formal Language Definition and its Application to*

14 Кому выгодно? (http://dic.academic.ru/dic.nsf/latin_proverbs/518/Cui)

15 Пример мы можем увидеть в лице всё той же конференции, «Oberon Day 2011», которая была проведена без богатых коммерческих спонсоров, исключительно на средства ЕТН [7, 58:56].

16 «*Usus magister est optimus. Практика лучший учитель. Цицерон, "Речь в защиту Рабирия", IV, 9.* "И естественные дарования, — разъяснял он семинаристам, — останутся бесплодными, и приобретенные познания будут бесполезны, ежели посвящающий себя красноречию не присоединит к ним собственной деятельности и не будет употреблять оных надлежащим образом. *Usus est optimus magister. Вступающие на ораторское поприще должны трудиться и действовать*". (Н. К. Козмин, Николай Иванович Надеждин.)» (http://dic.academic.ru/dic.nsf/latin_proverbs/2575/Usus)

Oberon, 1989;

(7) Szyperski, Clemens Alden. *Insight ETHOS: On Object-Orientation in Operating Systems*, 1992;

(8) Franz, Michael Steffen Oliver. *Code-Generation On-the-Fly: A Key to Portable Software*, 1994;

(9) Crelier, Régis Bernard Joseph. *Separate Compilation and Module Extension*, 1994;

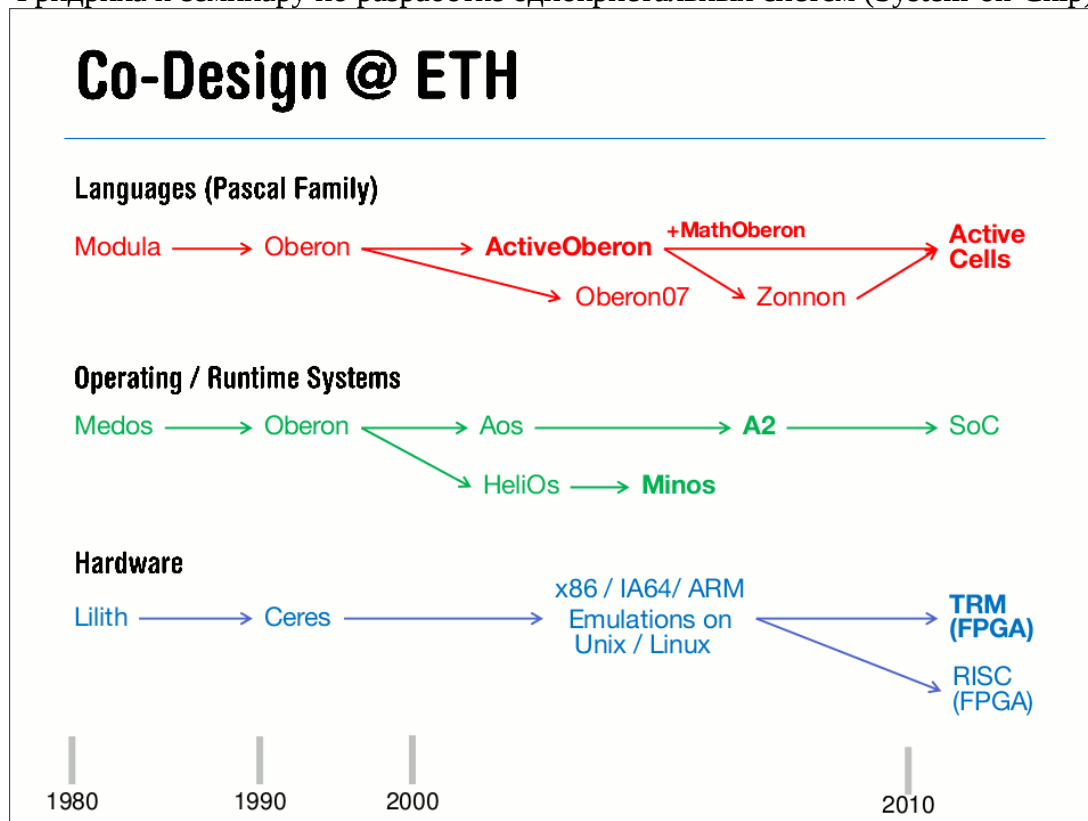
по тематике проектирования аппаратного обеспечения на ПЛИС (Hardware Design with FPGAs) [1]:

(10) Pfister, Cuno. *CALLAS: A Physical Design Framework for Configurable Array Logic*, 1992;

(11) Heeb, Beat Urs. *Debora. A System for the Development of Field Programmable Hardware and its Application to a Reconfigurable Computer*, 1993;

(12) Ludwig, Stefan Hans-Melchior. *Hades — Fast Hardware Synthesis Tools and a Reconfigurable Coprocessor*, 1997.

Зарекомендовавший себя подход совместного проектирования (co-design) — аппаратуры, операционной системы и языков программирования — по заложенным Виртом направлениям был продолжен его коллегами в ETH, что хорошо иллюстрируется в презентации Феликса Фридриха к семинару по разработке однокристалльных систем (System-on-Chip):



[14, слайд 3]

Хотя и будучи профессором в отставке, Вирт принимает в этой работе самое активное участие:

- Wirth N. *The Tiny Register Machine: Experiments in Computer System Design*, Technical Report, 08.2010;
- Wirth N. *The Design of a RISC Architecture and its Implementation with an FPGA*, 11.11.2011, rev 05.10.2013.

См. результаты на сайте автора: <http://www.inf.ethz.ch/personal/wirth/FPGA-relatedWork/>.

Концептуальные наброски по динамической кодогенерации (JIT) из диссертации (8) и проекта Juice её автора большинству сейчас известны посредством ЯП Java. Juice — компилятор языка Оберон, встроенный в браузер (Netscape Navigator и Internet Explorer) для поддержки веб-апплетов на базе Оберона. Разработан в 1994 г. в ETH.

(<http://oberoncore.ru/wiki/juice>). Подобное можно сказать и про понятие байт-кода, перенятое разработчиками Java из наработок Вирта 1970-х годов по языку Паскаль [18, 3.3].

Диссертации (7), (9) (но не только они) легли в основу системы BlackBox Component Builder (см. <http://oberoncore.ru/wiki/blackbox>, [15, 21.3]), ставшей результатом переноса технологий системы Оберон в широко распространенные операционные среды (в то время речь шла о Microsoft Windows и Apple Mac OS). Для этого группой учеников Вирта была создана компания Oberon microsystems (<http://www.oberon.ch/company.html>), отпочковавшаяся от ETH в 1993. На BlackBox, в частности, была создана распределенная система мониторинга крупнейшего в мире гидроэнергетического комплекса на Амазонке [16]. [17]

Также на BlackBox была разработана система Portos [15, 21.5] для встроенных приложений реального времени, поддерживающая совместное выполнение модулей Компонентного Паскаля (реализация ЯП Оберон для системы BlackBox) и классов Java. Позже система была переименована в Jbed (<http://oberoncore.ru/wiki/portos>) и перешла в отпочковавшуюся от Oberon microsystems в 1999 году компанию Esmertec (<http://www.oberon.ch/references.html>), став основой для теперешней Myriad Jbed Advanced (<http://www.myriadgroup.com/device-solutions/device-software/jbed%20advanced.aspx>). Myriad — результат слияния Esmertec и Purple Labs в 2009 году (http://en.wikipedia.org/wiki/Myriad_Group).

Примеры внедрения Оберон-технологий школой Вирта [19] освещаются на конференциях «Oberon Day 2004» и «Oberon Day 2007»:

- доклад Роберто Бреги [21] о промышленной ОС реального времени XO/2 на основе языка Оберон-2. Швейцарским федеральным правительством сертифицирована и принята к развертыванию автоматизированная система контроля за дорожным движением на её основе;
- доклад Жака Шапюи [22] об автопилотах лёгких БПЛА компании weControl (<http://www.wecontrol.ch/>) на базе системы Оберон. Бортовой компьютер — потомок машины OLGA (Oberon Language Goes Airborne), над которой работал и сам Вирт в проекте «Автоматическое управление моделью вертолёта» (Automatic Control of Model Helicopter) [1] [23].

Пример перенятия решений системы Оберон можно увидеть и в «новом» языке Go корпорации Google. [20]

В Советском Союзе яркий пример школы Вирта явил проект «Кронос» [32]. Это «общее название семейства 32-разрядных процессоров с аппаратной поддержкой языков высокого уровня, предназначенных для конструирования ЭВМ открытой архитектуры: от встроенных микро-ЭВМ и однопроцессорных рабочих станций до многопроцессорных ЭВМ класса супер-мини. ... Трудно назвать точно и всех родителей Кроноса — тех, кто принимал в нем участие и вложил в него кусочек жизни. Зато с уверенностью можно назвать дедушку¹⁷. Им является Никлаус Вирт, профессор из Цюриха, который создал язык программирования Модуля-2 и реализовал его на своей машине Лилит. ...» [33]. Простой пример следования «виртовским» принципам: процессор Кронос 2.6, более мощный по сравнению со своим предшественником версии 2.2, работает на меньшей частоте¹⁸.

Эти отечественные процессоры и выпускавшиеся мелкосерийно рабочие станции «Кронос-2.6WS»¹⁹ успели найти применение «как инструментальные ЭВМ на ряде предприятий оборонного комплекса СССР, в частности использовались для создания бортового

17 «Дедушка» и «родители» имели удовольствие пообщаться на Ершовской конференции в Самарканде в 1990 г. (<http://www.kronos.ru/photo/different/1>)

18 Сравнительная производительность на тесте «Dhrystone»: Кронос 2.2 (4 МГц) выдаёт «240 drystone/second», а «Kronos 2.6» (3 МГц) выдаёт «930 drystone/second». [32] [33]

19 «Первый образец этой рабочей станции был продемонстрирован на выставке "Наука-88" в Москве в 1988 году.» [32]

программного обеспечения для спутников в Научно-производственном объединении прикладной механики им. академика М.Ф. Решетнёва» [32] (также см. [35]). К сожалению, из-за печальных событий 1991 года, логическое завершение проекта в виде широкомасштабного внедрения этих машин в эксплуатацию не состоялось... Полученные же участниками знания и опыт не пропали, но нашли применение во всем мире²⁰. В том числе и в созданных ими отечественных компаниях, таких как [xTech](#) и [Excelsior](#)²¹. А в 2005 году Кронос получил новое рождение [34]. Похоже, здесь ученики опередили учителя, первыми поместив свою рабочую станцию внутрь изделия «Spartan-3» компании «Xilinx» [34, [фото 5](#)].

В 2005 году состоялся обмен опытом между конструкторами отечественного производителя БПЛА — НПКЦ «Новик-XXI век» и авиамоделистом — профессором Виртом. «В процессе обсуждений была выявлена общность подходов к проблемам проектирования сложных технических систем, ... была дана положительная оценка применяемому на НПКЦ ... принципу элиминации: если без чего-то можно обойтись, то лучше это вообще исключить из системы. ... Именно исключение операционной системы профессор Вирт считает своей основной заслугой при проектировании программного обеспечения беспилотного вертолёта. ... Признано целесообразным использование в будущих разработках беспилотных комплексов языка программирования ОБЕРОН, созданного профессором Виртом на основе "Паскаля" по методу элиминации.» [36] Встреча прошла в рамках турне авторов системы Оберон [2] по России в сентябре-октябре 2005 года [37].

Завершить это небольшое перечисление многочисленных для нашей страны примеров хотелось бы самым главным. Ту нехоженную дорогу, о которой говорил на открытии Международной конференции по преподаванию информатики ITiCSE [29] в 2002 году Никлаус Вирт, теперь уже нельзя назвать таковой. Потому что 11 лет по ней идёт международный общественный научно-образовательный проект «Информатика-21», координирующий «усилия специалистов науки, образования, аэрокосмической промышленности и IT-индустрии по упорядочению преподавания программирования и информатики на основе достижений Науки.» [38] И автор, разделяя приветственные слова Николая Вальтеровича — «Искренне надеюсь, что Оберон поможет в обучении высококлассных программистов и ученых в России, и что его оценят в стране, где всегда придавали большое значение основательному образованию.» [39], рад, что по этой дороге из года в год идёт всё больше единомышленников.

²⁰См. <http://www.kronos.ru/members>

²¹См. также <http://oberoncore.ru/wiki/excelsior>

Список источников

1. Summary of projects by N. Wirth, 1962 — 1999.
URL: <http://www.inf.ethz.ch/personal/wirth/projects.html>
2. Wirth N., Gutknecht J. Project Oberon: The Design of an Operating System and Compiler, 2005.
URL:
http://oberoncore.ru/library/wirth_gutknecht_project_oberon_the_design_of_an_operating_system_and_compiler
Вирт Н., Гуткнехт Ю. Разработка операционной системы и компилятора. Проект Оберон, — М.: ДМК Пресс, 2012.
3. Wirth N. From Modula to Oberon. The Programming Language Oberon. Revised (11.1990).
URL:
http://oberoncore.ru/library/wirth_from_modula_to_oberon.the_programming_language_oberon_revised
4. Wirth N. Designing a System from Scratch, 1989 / Structured Programming, Vol.10, No.1, p.10-18.
Вирт Н. Проектирование системы с нуля // Пер. с англ. Богатырев Р. П. — ИнфоАрт, 1998.
URL: http://oberoncore.ru/library/wirth_designing_a_system_from_scratch
5. Wirth N. Ceres-Net: A Low-Cost Computer Network. Extending Ceres-Net by a Mail Service (09.1989).
URL: http://oberoncore.ru/library/wirth_ceres-net_a_low-cost_computer_network.extending_ceres-net_by_a_mail_service
6. Материалы конференции «Oberon Day 2011 — Continued Simplicity: 25 Years of Oberon».
URL: <http://www.oberonday2011.ethz.ch/>
Запись выступления «Ceres and Oberon, Then and Now» — 27.05.2011, Wirth, Niklaus; Reed, Paul.
URL: <http://www.multimedia.ethz.ch/conferences/2011/oberon/?doi=10.3930/ETHZ/AV-5879ee18-554a-4775-8292-3cf0293f5956>
7. Там же. Запись круглого стола. — 27.05.2011, David Lightfoot (председатель).
URL: <http://www.multimedia.ethz.ch/conferences/2011/oberon/?doi=10.3930/ETHZ/AV-07a0de9f-3c9a-4abb-a51c-862dac023e2f>
8. Wirth N. Ceres and Oberon — Then and Now. // Презентация к докладу «Церера и Оберон, тогда и сейчас» на конференции «Oberon Day 2011»
URL: http://oberoncore.ru/library/wirth_ceres_and_oberon-then_and_now
9. Wirth N. From Programming Language Design to Computer Construction (Turing Award Lecture). — Communications of the ACM 02.1985, с. 159-164.
Вирт Н. От разработки языков программирования к конструированию компьютеров. // Пер. с англ. Левин Б. Я. — «Микропроцессорные средства и системы», Москва, 1989, №4.
URL:
http://oberoncore.ru/library/wirth_from_programming_language_design_to_computer_construction
10. Никлаус Вирт (Niklaus Wirth). // URL: <http://www.inr.ac.ru/~info21/wirth/wirth.htm>
11. Wirth N. Algorithms and Data Structures. Oberon version, 2004, updated 11.02.2013.
URL: http://oberoncore.ru/library/algorithms_and_data_structures
Вирт Н. Алгоритмы и структуры данных. Новая версия для Оберона. / Пер. с англ Ткачёв Ф. В. — М.: ДМК Пресс, 2010.
12. Wirth N. Compiler Construction, 2013.
URL: http://oberoncore.ru/library/compiler_construction

Вирт Н. Построение компиляторов. / Пер. с англ Борисов Е. В., Чернышов Л. Н. — М.: ДМК Пресс, 2010.

13. Wirth N., Gutknecht J. Project Oberon: The Design of an Operating System, a Compiler, and a Computer (Revised Edition 2013) // Проект Оберон: разработка операционной системы, компилятора и компьютера (переработанное издание 2013)
URL: http://oberoncore.ru/library/wirth_gutknecht_project_oberon_the_design_of_an_operating_system_and_compiler
14. Friedrich F. Presentation at Workshop on System-on-Chip Design. National Chiao Tung University, Taipei, 21-23.10.2013. // Презентация к докладу на секции «Проектирование однокристалльных систем»...
URL: <http://www-oldurls.inf.ethz.ch/personal/felixf/WorkshopTajpeh/SystemsOnChipWorkshopFriedrich.pdf>
15. Szyperki C. A., Gruntz D., Murer S. Component Software Beyond Object-Oriented Programming. Second Edition. — Pearson Education, 2002.
16. Pfister C. BlackBox. An Industrial-Strength Oberon Implementation. // Презентация к докладу «BlackBox. Промышленная реализация Оберона» на конференции «Oberon Day 2004»
URL: http://oberoncore.ru/library/pfister_blackbox_an_industrial-strength_oberon_implementation
17. Проект «Информатика-21». О компании Oberon microsystems.
URL: http://www.inr.ac.ru/~info21/info/oberon_microsystems.htm
18. Wirth N. Recollections about the development of Pascal (HOPL II).
URL: http://oberoncore.ru/library/wirth_recollections_about_the_development_of_pascal
19. Проект «Информатика-21». Школа Н. Вирта.
URL: <http://www.inr.ac.ru/~info21/info/shkola.htm>
20. Комментарии к сообщению. Mark C. Google's New Language: Go — 11.11.2009.
№26. URL: <http://scienceblogs.com/goodmath/2009/11/11/googles-new-language-go/#comment-22999>
№59. URL: <http://scienceblogs.com/goodmath/2009/11/11/googles-new-language-go/#comment-23045>
Перевод: Проект «Информатика-21». Go и Оберон.
URL: <http://www.inr.ac.ru/~info21/go.htm>
21. Brega R. Reliability in real-time: Why strong-typed programming languages matter. // Презентация «Безотказность в реальном времени: важность ЯП со строгой типизацией» к докладу на конференции «Oberon Day 2004»
URL: http://oberoncore.ru/library/brega_reliability_in_real-time_why_strong-typed_programming_languages_matter
22. Chapuis J. Oberon based Autopilots for Unmanned Aerial Vehicles // Презентация «Оберон в автопилотах БПЛА» к докладу на конференции «Oberon Day 2007»
URL: http://oberoncore.ru/library/chapuis_oberon-based_autopilots_for_unmanned_aerial_vehicles
23. Проект «Информатика-21». От хобби к профессии (из биографии Н.Вирта).
URL: http://www.inr.ac.ru/~info21/wirth/wirth_avia.htm
23. Wirth N. A Plea for Lean Software. — Computer 02.1995, с. 64-68.
Вирт Н. Долой "жирные" программы. — «Открытые системы», № 06, 1996.
URL: http://oberoncore.ru/library/wirth_a_plea_for_lean_software
24. Pescio C. A Few Words with Niklaus Wirth — Software Development, Vol. 5 No. 6, June 1997.

- Пешио К. Никлаус Вирт о культуре разработки ПО — «Открытые системы», №01, 1998.
URL: http://oberoncore.ru/library/peshio_virt_o_kulture_razrabotki_po
25. Wirth N. Lola System Notes, 06.1995.
URL: http://oberoncore.ru/library/wirth_lola_system_notes
26. Wirth N. An Oberon Compiler for the ARM Processor, 18.12.2007, rev. 16.04.2008.
URL: http://oberoncore.ru/library/wirth_an_oberon_compiler_for_the_arm_processor
27. Wirth N. The Programming Language Oberon, Revision 01.10.2013.
URL: http://oberoncore.ru/library/wirth_the_programming_language_oberon_revised
29. Wirth N. Computing Science Education: The Road not Taken. — Opening Address at the ITiCSE Conference, Aarhus, 24.06.2002.
URL: <http://www.inr.ac.ru/~info21/texts/2002-06-Aarhus/en.htm>
Вирт. Н. Преподавание информатики: потерянная дорога. — Приветствие на открытии Конференции ITiCSE, Аархус (Дания), 24.06.2002. // Пер. с англ. Ткачѳв Ф. В.
URL: <http://www.inr.ac.ru/~info21/texts/2002-06-Aarhus/ru.htm>
30. Wirth N. Systematic Programming. An Introduction. — Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1973.
Вирт Н. Систематическое программирование. Введение. // Пер. с англ Штаркмана Вик. С. под редакцией Баяковского Ю. М. — М.: Мир, 1977.
URL: http://oberoncore.ru/library/systematic_programming
31. Журнал «Компьютер Пресс» 12'2013 (288). Новости рынка корпоративного ПО. Java под ударом: «Лаборатория Касперского» отмечает рост атак с использованием эксплойтов для этой программы.
32. Кронос. История одного проекта.
URL: <http://www.kronos.ru/>
33. Фон-Дер-Флаасс М. Знакомьтесь: семейство процессоров КРОНОС.
URL: <http://www.kronos.ru/about/fon-der-flaass>
34. Новый Кронос. А. Денисов, А. Серюков, Е. Тарасов. Сан-Франциско, США. Ноябрь 2005. Фоторепортаж с места события.
URL: <http://www.kronos.ru/photo/reincarnation>
35. Проект «Информатика-21». Модуль-2 в российском космосе.
URL: <http://www.inr.ac.ru/~info21/texts/aakmodula2.htm>
36. Легендарный профессор Вирт на полигоне НПКЦ «Новик-XXI век».
URL: <http://dpla.ru/wirth/>
37. Проект «Информатика-21». Визит Н. Вирта и Ю. Гуткнехта в Россию.
<http://www.inr.ac.ru/~info21/wg2005.ru/welcome.html>
38. Информатика-21. Международный общественный научно-образовательный проект (с 2002 г.)
URL: <http://www.inr.ac.ru/~info21/>
39. Проект «Информатика-21». Приветствие Никлауса Вирта российским преподавателям и студентам.
URL: http://www.inr.ac.ru/~info21/wirth/greeting_ru.htm
Оригинал: http://www.inr.ac.ru/~info21/wirth/greeting_en.htm