1. **АНАЛИЗ ТРЕБУЕМЫХ СВОЙСТВ ПРОЕКТИРУЕМОГО ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА**

#### 1.1 Общая характеристика программно-аппаратных комплексов.

**Программное обеспечение** — все или часть программ, процедур, правил и соответствующей документации системы обработки информации (согласно ISO/IEC 2382-1:1993). Типичная схема компьютерной программы изображена на рис. 1.1.1. Современные программные продукты также могут содержать разделенные модули, что совокупностью связанных между собой модулей [4].



Рисунок 1.1.1 – Схема работы простейшей компьютерной программы

Пользователь – субъект взаимодействия компьютерной системы. В настоящее время это может быть не только человек, но и другая компьютерная программа, как это происходит в разделенных системах. Пользователь инициирует взаимодействие, использует программно-аппаратный комплекс для решения своих задач [1].

Программно-аппаратный комплекс (ПАК) — это набор технических и программных средств, работающих совместно для выполнения одной или нескольких сходных задач. На рис. 1.1.1 ПАК представляют три нижних уровня: прикладное программное обеспечение, системное программное обеспечение и аппаратное обеспечение [4].

Прикладное программное обеспечение позволяет пользователям решать задачи их трудовой деятельности используя возможности компьютера. Именно эти программы взаимодействуют с человеком, чаще всего позволяя абстрагироваться от типично компьютерных понятий и взаимодействовать на уровне бизнес-моделей [4].

Системное программное обеспечение чаще всего образует операционную систему – прослойку между аппаратным и прикладным программным уровнем. Операционная система контролирует доступ к аппаратному обеспечению, чаще всего позволяет организовать совместный поочередный доступ нескольких пользовательских программ к вычислительным ресурсам (многозадачность) [5].

Аппаратное обеспечение – совокупность физических устройств компьютерной системы. Классическая архитектура ЭВМ, построенная по принципу фон Неймана (фон-неймановская архитектура) и реализованная в вычислительных машинах трех поколений, представлена на рисунке 1.1.2 и содержит следующие основные блоки:

1. арифметическо-логическое устройство **(АЛУ)**, выполняющее арифметические и логические операции;
2. управляющее устройство **(УУ)**, организующее процесс выполнения программ;
3. внешнее запоминающее устройство **(ВЗУ)**, или память, для хранения программ и данных;
4. оперативное запоминающее устройство **(ОЗУ)**;
5. устройства ввода и вывода информации **(УВВ)** [5].

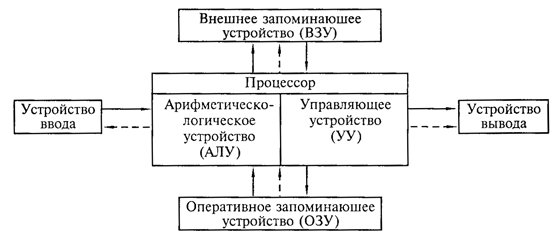


Рисунок 1.1.2 – Архитектура фон-Неймана.

Одной из проблем, которые необходимо решать при проектировании систем программно-аппаратных комплексов, является проблема человеко-машинного взаимодействия, которая решается при проектировании пользовательского интерфейса (ПИ). Эта проблема получила название HCI (Human Computer Interaction). Под пользовательским интерфейсом программы мы будем понимать совокупность элементов, позволяющих пользователю программы управлять ее работой и получать требуемые результаты [1].

Несколько наиболее существенных преимуществ хорошего пользовательского интерфейса с точки зрения бизнеса:

1. Снижение количества человеческих ошибок
2. Снижение стоимости поддержки системы
3. Снижение стоимости обучения
4. Уменьшение потерь продуктивности работников при внедрении системы и более быстрое восстановление утраченной продуктивности
5. Улучшение морального состояния персонала
6. Уменьшение расходов на редизайн ПИ по требованию пользователей
7. Доступность функциональности системы для максимального количества пользователей [7].

Почти всегда при внедрении информационных систем общая эффективность организации увеличивается, при этом ряд исследований показывает, что грамотно разработанные ПИ может значимо увеличить эффективность по сравнению с просто внедренной ИС [7].

Одно из исследований, проведенных компанией NCR, показало, что производительность увеличилась на четверть, а количество человеческих ошибок уменьшилось на четверть после проведения редизайна ПИ с учетом принципов юзабилити [7].

Исследование компании IBM показало, что проведенный с учетом человеческого фактора полный редизайн одной из их систем позволил сократить время обучения пользователей до одного часа. До проведения редизайна на изучение системы уходила неделя [7].

В настоящее время оформилось два принципиально различных подхода к организации пользовательского интерфейса: интерфейс командной строки (Command Line Interface — CLI) и графический пользовательский интерфейс (Graphical User Interface — GUI). Один из подклассов GUI (двухмерный) принято обозначать аббревиатурой WIMP (Windows-Icons-Menus-Pointing device), что отражает задействованные интерактивные сущности — окна, пиктограммы, меню и позиционирующее устройство (обычно мышь). Именно интерфейсы такого типа, завоевавшие популярность вместе с Macintosh в 1984 году и позднее скопированные, в частности, в Windows для ПК, доминируют и по сей день [1].

Командные языки обеспечивают:

1. высокую скорость обработки;
2. эффективность;
3. экономию использования ресурсов системы;
4. алгоритмическую полноту [1].

Однако командные языки требуют затрат времени и усилий для изучения. Нужно отметить, что при изучении требуются не только интеллектуальные, но и эмоциональные усилия. Первое негативное впечатление может создать устойчивый страх перед компьютером, затрудняя его эффективное использование и изучение. Напротив, графический интерфейс предоставляет новому пользователю возможность быстро окинуть взглядом доступные возможности и выбрать желаемую. Во многих случаях наглядность вариантов оказывается важнее богатства возможностей [1].

Командный интерфейс хорош, когда пользователь ясно представляет себе, чего он хочет, а особенно для автоматизации регулярно исполняемых рутинных задач. Графические же интерфейсы удобнее при решении нечетко сформулированных или плохо алгоритмизуемых проблем. Поэтому хорошая система должна предоставлять оба интерфейса. Например, разработчики фирмы Apple долгое время пытались избежать включения в систему командного интерпретатора, но, в конце концов, под давлением пользователей и особенно специалистов по технической поддержке они были вынуждены реализовать командный язык AppleScript [1].

Основные принципы создания интерфейса:

1. Естественность (интуитивность). Работа с системой не должна вызывать у пользователя сложностей в поиске необходимых директив (элементов интерфейса) для управления процессом решения поставленной задачи.
2. Непротиворечивость. Если в процессе работы с системой пользователем были использованы некоторые приемы работы с некоторой частью системы, то в другой части системы приемы работы должны быть идентичны. Также работа с системой через интерфейс должна соответствовать установленным, привычным нормам (например, использование клавиши Enter).
3. Неизбыточность. Это означает, что пользователь должен вводить только минимальную информацию для работы или управления системой. Например, пользователь не должен вводить незначимые цифры (00010 вместо 10). Аналогично, нельзя требовать от пользователя ввести информацию, которая была предварительно введена или которая может быть автоматически получена из системы. Желательно использовать значения по умолчанию где только возможно, чтобы минимизировать процесс ввода информации.
4. Непосредственный доступ к системе помощи. В процессе работы необходимо, чтобы система обеспечивала пользователя необходимыми инструкциями. Система помощи отвечает трем основным аспектам — качество и количество обеспечиваемых команд; характер сообщений об ошибках и подтверждения того, что система делает. Сообщения об ошибках должны быть полезны и понятны пользователю.
5. Гибкость. Интерфейс системы должен обслуживать пользователя с различными уровнями подготовки. Для неопытных пользователей интерфейс может быть организован как иерархическая структура меню, а для опытных пользователей как команды, комбинации нажатий клавиш и параметры.

#### 1.2 Процессы памяти при взаимодействии с программно-аппаратными комплексами.

Память – процесс запоминания, сохранения и воспроизведения человеком образов, мыслей, эмоций, движений, т.е. всего, что составляет индивидуальный опыт каждого. Память является необходимым условием научения, приобретения знаний, формирования умений и навыков, способностей человека. Без нее невозможно поведение, мышление, сознание и подсознание [3].

После приема информации оператор так или иначе ее обрабатывает, анализирует и преобразует. В процессах переработки информации решающая роль принадлежит памяти и мышлению. В деятельности человека-оператора, управляющего машинами по приборам, в том или ином виде участвуют все основные виды памяти: кратковременная (непосредственная и оперативная) и долговременная. Эти виды различаются по продолжительности хранения информации. В кратковременной памяти информация хранится в течение секунд и минут, а в долговременной – в течение дней, месяцев, лет [1].

Кратковременная память подразделяется на непосредственную (иконическую) и оперативную. В непосредственной памяти сохраняется практически вся информация, поступившая в какой-то момент на органы чувств, однако она хранится очень недолго (всего несколько секунд) [1].

Оперативная память связана с запоминанием, сохранением и воспроизведением динамических (изменяющихся) элементов ситуации, т.е. текущего состояния технического звена системы. Под оперативной памятью понимаются процессы запоминания, сохранения и воспроизведения информации, получаемой и передаваемой при выполнении отдельного действия и необходимые для достижения частной цели, после чего они утрачивают свою актуальность. Длительность процессов оперативной памяти ограничивается длительностью осуществления данного действия [3].

Оперативная память, обеспечивая решение текущих задач оператора, хранит текущий алгоритм действий, играет важную роль в его деятельности. Исследованиями установлено, что большая часть ошибок оператора связана с процессами оперативной памяти [1].

Наиболее важными ее характеристиками являются:

- объем,

- длительность сохранения информации,

- правильность (точность) воспроизведения информации,

- помехоустойчивость [1].

Объем оперативной памяти определяется тем количеством сигналов (стимулов), которые оператор способен запомнить после одного, как правило, кратковременного предъявления (восприятия).

Различают объем памяти на статические и динамические сигналы.

В первом случае оператор должен запомнить и воспроизвести неизменяемую последовательность сигналов. Ее объем составляет около 5 — 9 символов. Причем, чем меньше длина алфавита символов, тем больше объем памяти и наоборот. Во втором случае оператор должен не только хранить в памяти предъявляемую последовательность сигналов, но и следить за ее изменениями в соответствии с изменениями обстановки. Ее объем не превышает в этом случае 3 — 4 символов [1].

Оперативная память выполняет функцию буфера с ограниченной емкостью. При этом вновь поступивший сигнал вытесняет из буфера один из поступивших ранее, если он не перешел к этому времени в долговременную память. Поэтому сигналы, поступившие в буфер первыми и последними, закрепляются в нем прочнее нежели сигналы средней части предъявляемой последовательности (“эффект края”) [1].

Длительность сохранения информации определяется тем промежутком

времени, в течение которого оператор безошибочно воспроизводит полученную информацию. Физиологической основой процесса сохранения является способность нервных клеток мозга определенное время сохранять изменения, возникающие под влиянием внешних воздействий (“следы” памяти). Безошибочное воспроизведение информации возможно, пока затухание «следа» не достигнет некоторого критического значения. Соответствующий этому промежуток времени и определяет время сохранения информации [1].

Правильность (точность) воспроизведения информации может быть

количественно определена как вероятность безошибочного воспроизведения предъявляемой информации:

**Рпам = n / N,** (1.1)

где **n** и **N** – соответственно число правильно воспроизведенных и общее число предъявленных последовательностей сигналов [1].

Помехоустойчивость памяти определяется правильностью воспроизведения информации в условиях помех.

Рассмотренные характеристики оперативной памяти не являются строго постоянными величинами и во многом зависят от характера запоминаемой информации и условий работы оператора [1].

Участвующие в деятельности оператора различные виды памяти взаимодействуют друг с другом. Вновь поступающая информация направляется в оперативную память, где она сохраняется в течение времени хранения, определяемого длительностью «следа» памяти. В случае, если объем поступившей информации превышает объем оперативной памяти или время хранения больше длительности «следа», то часть информации с некоторой вероятностью направляется в долговременную память, а остальная информация теряется [1].

Время обработки информации с участием долговременной памяти больше, чем с участием только оперативной памяти. Оно различается на величину, которая определяет время поиска информации в долговременной памяти. Общее время обработки информации в этом случае равно

**tои = tоп + tпд**, (1.2)

где **tоп** – время обработки информации в оперативной памяти;

**tпд** – время поиска информации в долговременной памяти [1].

Продуктивность оперативной памяти во многом зависит от параметров предъявляемых сигналов. При этом значение имеют следующие 4 группы параметров:

- информационные,

- структурно-пространственные,

- временные,

- по признаку модальности [1].

Данная классификация параметров представлена на рис. 1.2.1



Рисунок 1.2.1 – Параметры сигналов, определяющие продуктивность оперативной памяти

Среди информационных параметров наибольшее значение имеет количество и ценность информации. Первое определяется степенью организации, упорядоченностью и объемом запоминаемого материала. При этом избыточность информации в разной форме (вероятностная, логическая) увеличивает объем памяти, а также скорость запоминания. Вместе с тем следует отличать избыточную информацию от иррелевантной (не относящейся к ситуации). Последняя ухудшает продуктивность памяти [3].

Вопросы влияния модальности сигналов на продуктивность памяти изучены пока еще недостаточно, однако считается, что при равных других условиях продуктивность зрительной памяти выше, чем слуховой. Это обусловлено тем, что по зрительному каналу сигналы поступают параллельно, а по слуховому – последовательно. Данное обстоятельство ограничивает возможности слуховой памяти [1].

Из временных параметров для продуктивности памяти наиболее значимы длительность экспозиции и характер предъявления (одновременное или последовательное). Закономерности влияния данных параметров на продуктивность запоминания представлены на рис. 1.2.2 и рис. 1.2.3 [1].



Рисунок 1.2.2 — Зависимость вероятности правильного воспроизведения от длительности предъявления символа **tс** и длины последовательности **n**:

- — — при одновременном предъявлении;

––– при последовательном предъявлении



Рисунок 1.2.3 — Зависимость вероятности правильного воспроизведения от места символа в предъявляемой последовательности **К** и длины последовательности **n**

#### 1.3 Обзор существующих методик и программ для исследования процесса заучивания. Выбор оптимальной для реализации.

**1.3.1** Методика «Десять слов». Применяется чаще всего для выявления проблем памяти у детей и подростков. Испытуемому даются инструкции примерно следующего содержания:

«Сейчас я прочту несколько слов. Слушайте внимательно. Когда я окончу читать, сразу же повторите столько слов, сколько запомните. Повторять слова можно в любом порядке».

«Сейчас я снова прочту Вам те же слова, и Вы опять должны повторить их, – и те, которые Вы уже назвали, и те, которые в первый раз пропустили. По рядок слов не важен» [8].

Далее опыт повторяется без инструкций. Перед следующими 3-5 прочтениями экспериментатор просто говорит: «Еще раз». После 5-6 кратного повторения слов, экспериментатор говорит испытуемому: «Через час Вы эти же слова назовете мне еще раз». На каждом этапе исследования заполняется протокол. Под каждым воспроизведенным словом в строчке, которая соответствует номеру попытки, ставится крестик. Если испытуемый называет «лишнее» слово, оно фиксируется в соответствующей графе. Спустя час испытуемый по просьбе исследователя воспроизводит без предварительного зачитывания запомнившиеся слова, которые фиксируются в протоколе кружочками [8].

При интерпретации результатов теста по полученному протоколу составляется график, кривая запоминания. По форме кривой можно делать выводы относительно особенностей запоминания. Так, у здоровых детей с каждым воспроизведением количество правильно названных слов увеличивается, ослабленные дети воспроизводят меньшее количество, могут демонстрировать застревание на лишних словах. Большое количество «лишних» слов свидетельствует о расторможенности или расстройствах сознания. При обследовании взрослых к третьему повторению испытуемый с нормальной памятью обычно воспроизводит правильно до 9 или 10 слов [8].

Кривая запоминания может указывать на ослабление внимания, на выраженную утомленность. Повышенная утомляемость регистрируется в том случае, если испытуемый (взрослый или ребенок) сразу воспроизвел 8-9 слов, а затем, с каждым разом все меньше и меньше (кривая на графике не возрастает, а снижается). Кроме того, если испытуемый воспроизводит все меньше и меньше слов, это может свидетельствовать о забывчивости и рассеянности. Зигзагообразный характер кривой свидетельствует о неустойчивости внимания. Кривая, имеющая форму «плато», свидетельствует об эмоциональной вялости ребенка, отсутствии у него заинтересованности. Число слов, удержанных и воспроизведенных час спустя, свидетельствует о долговременной памяти [8].

**1.3.2** Методика «Образная память». Назначением теста является изучение кратковременной памяти. В качестве единицы объема памяти принимается образ (изображение предмета, геометрическая фигура, символ). Испытуемому, предлагается за 20 секунд запомнить максимальное количество образов из предъявляемой таблицы. Затем, в течение минуты он должен воспроизвести запомнившееся (записать или нарисовать) [8].

Пример инструкции к тесту: «Сейчас я покажу Вам таблицу с рисунками. Постарайтесь запомнить как можно больше из нарисованного. После того, как я уберу таблицу, запишите или зарисуйте все, что успели запомнить. Время предъявления таблицы – 20 секунд» [8].

В качестве примера тестового задания согласно данной методике может быть рассмотрен рис. 1.3.1

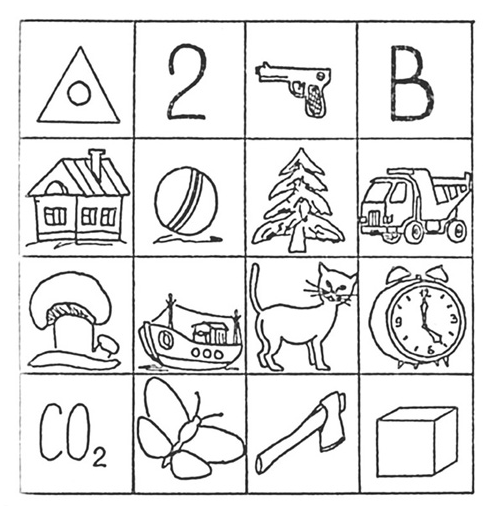


Рисунок 1.3.1 – Тестовый материал для методики «Образная память»

Обработка и интерпретация результатов теста представляет собой подсчёт количества правильно воспроизведенных образов. В норме – это 6 и более правильных ответов [8].

**1.3.3** Методика «Оперативная память». Используется при изучении кратковременной памяти (для взрослых испытуемых). Испытуемому предлагается складывать числа из полученного на слух ряда в определенной последовательности. Инструкция к тесту:

«Сейчас я назову Вам пять чисел. Ваша задача – постараться запомнить их, затем в уме сложить первое число со вторым, а полученную сумму записать, второе число сложить с третьим, сумму записать, третье с четвертым, их сумму записать, и четвертое с пятым, снова записать сумму. Таким образом, у Вас должно быть получено и записано четыре суммы. Время для вычислений – 15 секунд. После чего я называю следующий ряд чисел. Вопросы есть? Будьте внимательны, числа зачитываются только один раз» [8].

В ходе опыта испытуемый запоминает числа с четкой целью их дальнейшей обработки. Таким образом можно исследовать эффективность и продуктивность его оперативной памяти, готовность выполнять работу, связанную с удержанием в памяти информации для ее немедленной обработки. Нормой считается отсутствие ошибок в более 75% рядов. (при складывании пяти чисел по схеме 1+2, 2+3, 3+4, 4+5) [8].

**1.3.4** Методика исследования динамики процесса заучивания. Применяется в лабораторном исследовании студентами по психологическим дисциплинам. Экспериментальным материалом служат в разных опытах буквы, цифры, бессмысленные слоги, не связанные между собой по смыслу слова. Материал предъявляют визуально на экране дисплея. Предъявление элементов ряда может производиться как последовательно, так и одновременно [2].

В каждом опыте испытуемому предлагают ряд из нескольких стимулов с требованием заучить его до безошибочного воспроизведения в любом порядке. Стимулы могут иметь различный вид и смысловую нагрузку (символы, слоги, слова). Набор символов может содержать элементы, объединенные каким-либо признаком, или несвязанные каким-либо образом между собой стимулы [2].

После каждого предъявления ряда испытуемый воспроизводит его, вводя в ПК запомненные стимулы, используя клавиатуру. Если воспроизведенный ряд эквивалентен предъявленному, опыт считается завершенным. Иначе ряд повторяется спустя заданный промежуток времени после окончания воспроизведения. Цикл длится до безошибочного воспроизведения [2].

**1.3.5** Методика «Смысловая память». Применяется на испытуемых различных возрастов. Испытуемому предлагаются ряды для запоминания, элементами которых являются пары слов. Воспроизведение происходит после следующим образом: экспериментатор повторно называет первые слова из пар, а испытуемый должен воспроизвести соответствующие им вторые слова [8].

Методика позволяет исследовать как зависимость продуктивности запоминания от смысловых связей в парах, так и умение испытуемого выделять и запоминать эти связи.

**1.3.6** Методика«Пиктограмма». Этот метод, предложенный А.Р. Лурия, представляет собой вариант опосредованного запоминания, однако применяется он не столько для исследования памяти, сколько для анализа характера ассоциаций. Может быть использован для исследования испытуемых с образованием не менее 7 классов [3][8].

Для проведения опыта достаточно иметь карандаш и бумагу. Нужно заранее подготовить 12—16 слов и выражений для запоминаний.

Испытуемому говорят, что будет проверяться его зрительная память, спрашивают о том, замечал ли он, как ему легче запоминать — «на слух или с помощью зрения». Затем ему дают лист бумаги и карандаш и говорят: «На этой бумаге нельзя писать ни слов, ни букв. Я буду называть слова и целые выражения, которые вы должны будете запомнить. Для того чтобы легче было запомнить, вы должны к каждому слову нарисовать что-либо такое, что бы могло помочь вам вспомнить заданное слово». Если же испытуемый сам не объясняет, следует у него каждый раз спрашивать: «А как вам это поможет припомнить заданное слово?».

После выполнения задания (от 12 до 16 слов) листок с рисунками откладывают в сторону и лишь в конце исследования (спустя час) предлагают испытуемому припомнить по рисункам заданные слова. Припоминание нужно предлагать не по порядку, лучше одно — с начала, другое — с конца. Можно предложить испытуемому записывать под рисунком слово или выражение, которое было ему задано. Обязательно следует спросить, как удалось ему вспомнить слово, чем помог рисунок [8].

При истолковании результатов опыта прежде всего следует обратить внимание на то, доступна ли испытуемому обобщенная символизация слова, т. е. может ли он самостоятельно найти обобщенный опосредованный образ. В норме даже школьник с образованием 5 классов может найти такой образ; так, например, для слов «тяжелая работа» он рисует лопату или молоток, человека с грузом, для слова «сомнение» — развилку дорог (куда пойти?) или вопросительный знак или дверь (войти ли в нее?). Для интеллектуально неполноценного испытуемого такая задача трудна, поэтому эту методику часто применяют в психиатрии [3].

**1.3.7** Выбор методики для реализации. Из вышеперечисленных методик для создания программно-аппаратного комплекса для проведения опытов по изучению свойств памяти наиболее подходящей является методика исследования динамики процесса заучивания. Она является достаточно гибкой, позволяя менять режимы предъявления и воспроизведения стимулов, а также наблюдать не только статику процесса, но и динамику [2].

Методика «Десять слов» не позволяет исследовать зависимость запоминания от длины ряда, а также не предполагает возможности одновременного предъявления стимулов.

Методики «Образная память» и «Пиктограмма» рассчитана на работу с образами, что затрудняет ее применение к числам и длинным рядам.

Методика «Оперативная память» позволяет работать с числами, но неприменима к символам и их сочетаниям, словам, картинкам.

Методика смысловая память подразумевает исследование зависимости продуктивности запоминания от степени смысловой связи между стимулом-подсказкой и запоминаемым стимулом. Так же возможно исследование способности испытуемого выделить смысловую связь на основе продуктивности запоминания.