Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Факультет компьютерных систем и сетей

Кафедра информатики

К защите допустить:

И. о. заведующего кафедрой информатики

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_С. И. Сиротко

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
к курсовому проекту  
на тему

**СРАВНЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССОРОВ AMDRYZEN 5 3500U И AMD RYZEN 7 7700 НА ПРИМЕРЕАЛГОРИТМОВ ПОИСКА В ШИРИНУ (BFS) И В ГЛУБИНУ (DFS)**

БГУИР КП 6-05 0612 02 020 ПЗ

Студент М. М. Петроченко

Руководитель А. А. Калиновская

Нормоконтролёр А. А. Калиновская

Минск 2025

**СОДЕРЖАНИЕ**

[Введение 5](#_Toc209348242)

[1 Архитектура вычислительной системы 6](#_Toc209348243)

[1.1 Выбор вычислительной системы 6](#_Toc209348244)

[1.2 История, версии и достоинства выбранной архитектруры 7](#_Toc209348245)

[Заключение 10](#_Toc209348246)

[Список литературных источников 11](#_Toc209348247)

Введение

В условиях стремительного развития вычислительных технологий эффективность аппаратного обеспечения остается одним из ключевых факторов, определяющих возможности современных программных решений. Особую актуальность приобретает сравнительный анализ производительности процессоров, поскольку это позволяет оптимально подобрать аппаратную платформу под конкретные задачи. В рамках данного курсового проекта рассматривается сравнительная оценка производительности двух моделей процессоров компании AMD – Ryzen 5 3500U и Ryzen 7 7700 – на основе реализации классических алгоритмов поиска в ширину (BFS) и поиска в глубину (DFS).

Цель данной работы – провести сравнительный анализ производительности процессоров AMD Ryzen 5 3500U и AMD Ryzen 7 7700 при выполнении алгоритмов поиска в ширину (BFS) и поиска в глубину (DFS). Это позволит выявить влияние технических характеристик процессоров на эффективность выполнения классических алгоритмических задач.

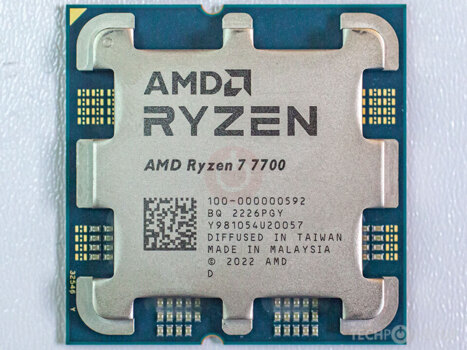
Для достижения цели планируется решить следующие задачи:

1. Разработать условия проведения измерений, позволяющие максимально объективно провести сравнительную оценку производительности.
2. Подготовить реализации алгоритмов BFS и DFS для тестирования.
3. Провести измерения времени их выполнения на обоих процессорах в разработанных условиях и выполнить сравнительный анализ результатов с учетом особенностей архитектуры и технических параметров исследуемых моделей.

Пояснительная записка оформлена в соответствии с  
СТП 01-2024 [1].

1. Архитектура вычислительной системы
   1. Выбор вычислительной системы

Для сравнения производительности был проведён анализ ряда доступных процессоров. В результате анализа были выбраны модели AMD Ryzen 5 3500U и AMD Ryzen 7 7700. Данные модели показаны на рисунке 1.1.

a б

а – процессор AMD Ryzen 5 3500U;

б – процессор AMD Ryzen 7 7700

Рисунок 1.1 – Изображения выбранных процессоров

Основные характеристики процессоров представлены в таблице 1.1 [2].

Таблица 1.1 – Основные технические характеристики выбранных процессоров

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | AMD Ryzen 5 3500U | AMD Ryzen 7 7700 |
| Год выхода | 2019 | 2023 |
| Категория | Мобильный | Десктопный |
| Кодовое имя архитектуры | Picasso-U (Zen+) | Raphael (Zen 4) |
| Количество физических ядер | 4 | 8 |
| Количество логических ядер | 8 | 16 |
| Базовая частота, ГГц | 2,1 | 3,8 |
| Максимальная частота, ГГц | 3,7 | 5,3 |
| Кэш L1, Кб | 96 | 64 |
| Кэш L2, Кб | 512 | 1024 |
| Кэш L3, Мб | 4 | 32 |
| Технологический процесс, нм | 12 | 5 |
| TDP, Вт | 15 | 65 |
| Встроенная графика | Radeon Vega 8 | Radeon Graphics |
| Примечание – Данные о размере кэшей L1 и L2 указаны на одно ядро, данные о размере кэша L3 – на все ядра. | | |

Выбор данных моделей был обусловлен следующими факторами:

1. Наличие оборудования. Обладая обеими моделями процессоров, есть возможность удобно провести сравнительный анализ и оценить производительность каждого из устройств в выбранном классе задач.
2. Наличие встроенной графики. За счёт наличия встроенной графики в обеих моделях процессоров появляется возможность оценить и сравнить производительность не только вычислительных ядер, но и графических.
   1. История, версии и достоинства выбранной архитектуры

В качестве процессоров для оценки производительности в ходе данного курсового проекта были использованы процессоры Ryzen 5 3500U и Ryzen 7 7700 производства компании AMD. Оба процессора относятся к архитектуре x86-64, иначе известной как AMD-64. Данная архитектура, представленная в 2000 году компанией AMD, является версией архитектуры x86, хотя изначально разрабатывалась как расширение. Впервые данная архитектура была реализована в микропроцессоре AMD Opteron, выпущенном в апреле 2003 года.

В процессоре AMD Ryzen 5 3500U архитектура x86-64 реализована в микроархитектуре Zen+. Данная микроархитектура является улучшением микроархитектуры Zen. На рисунке 1.2 представлена упрощённая схема ядра процессора на основе микроархитектуры Zen.

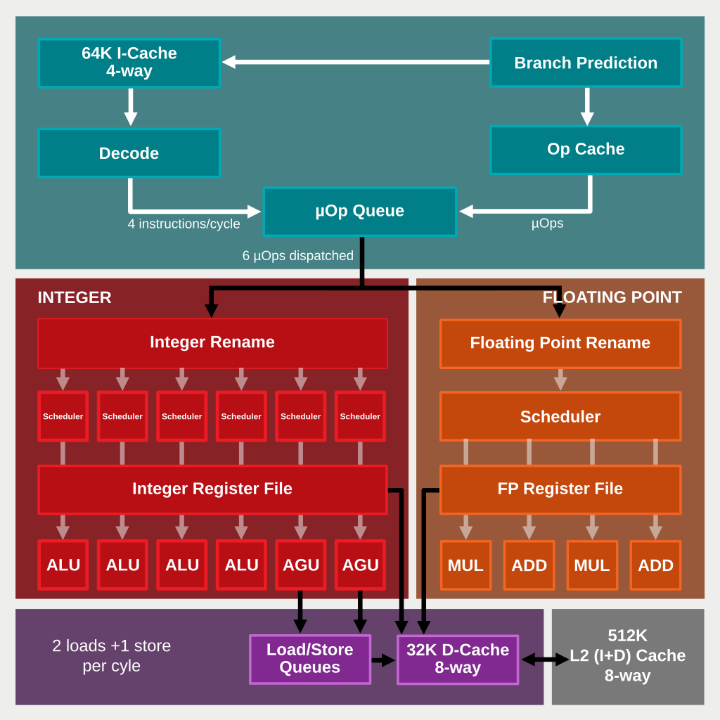


Рисунок 1.2 – Упрощённая иллюстрация ядра на основе микроархитектуры Zen.

В процессоре AMD Ryzen 7 7700 архитектура x86-64 реализована в микроархитектуре Zen 4. Для более наглядного сравнения перечисленных микроархитектур в таблице 1.2 представлены ключевые особенности и отличия микроархитектур от Zen до Zen 5. Стоит отметить, что для микроархитектуры Zen будут представлены отличия от семейства предыдущих микроархитектур компании AMD – Bulldozer.

Таблица 1.2 – Ключевые особенности и отличия микроархитектур семейства Zen

|  |  |
| --- | --- |
| Микроархитектура | Ключевые особенности и отличия |
| Zen | Два потока на ядро (SMT), добавлен кэш декодированных микроопераций [3], увеличен размер кэша L1, увеличена пропускная способность кэш-памяти, оптимизация задержек доступа к кэш-памяти [4], переход на 14-нм технологический процесс. |
| Zen+ | Улучшение регулировки тактовой частоты в зависимости от нагрузки [5], улучшения латентности кэша L2 и памяти [6], переход на 12-нм технологический процесс. |
| Zen 2 | Расширения набора инструкций: WBNOINVD, CLWB, RDPID, RDPRU, MCOMMIT (каждой из инструкций присвоен свой CPUID бит) [7], аппаратная защита от уязвимости Spectre V4 [8], переход на 7-нм технологический процесс. |
| Zen 3 | Изменения в расположении компонентов на чипе (рисунок 1.3), переход от двух четырёхядерных комплексов на чиплете к одному восьмиядерному, увеличение количества исполняемых за цикл инструкций на 19% [9]. |
| Zen 4 | Увеличение кэша микроопераций на 69%, удвоение размера кэша L2, увеличение максимальной тактовой частоты до 5,7 ГГц, расширены векторные (вещественные) регистры для работы с AVX-512, улучшение предсказания для прямых и косвенных ветвлений [10]. |
| Zen 5 | Добавление двух дополнительных АЛУ, улучшение блока предсказания ветвлений (предсказание двух ветвлений за один тактовый цикл), увеличение размера кэша L1, увеличение ассоциативности кэша L2 с 8 до 16. |

Также для справки приведена хронология выпуска микроархитектур, описанных выше:

– Zen – 2017;

– Zen+ – 2018;

– Zen 2 – 2019;

– Zen 3 – 2020;

– Zen 4 – 2022;

– Zen 5 – 2024.

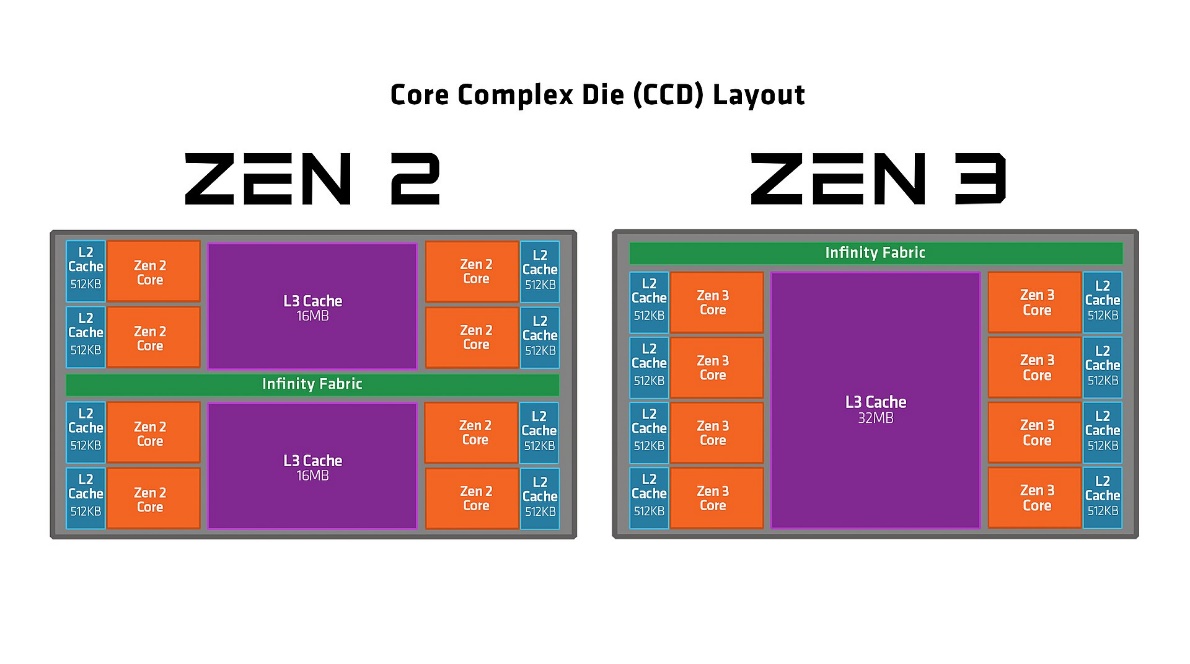


Рисунок 1.3 Сравнение расположения компонентов в микроархитектурах  
 Zen 2 и Zen 3

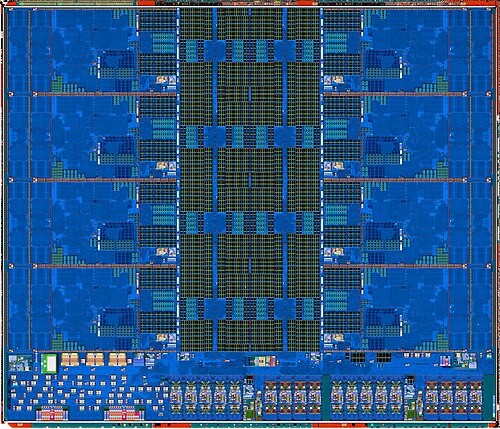


Рисунок 1.4 – Die-shot (снимок кристалла) процессора AMD Ryzen 5 9600X с микроархитектурой Zen 5.

Сама же архитектура x86 берёт своё начало в 1976 году, когда была начата разработка процессора Intel 8086, выпущенного в 1979 году. Архитектура набора команд, реализованная в этом процессоре, стала основой архитектуры x86. По этой причине все современные процессоры этой архитектуры могут выполнять все команды этого набора. Название архитектуры пошло от 2 последних цифр названий ранних моделей процессоров Intel – 8086, 80186, 80286 (i286), 80386 (i386), 80486 (i486).

Архитектура развивалась одновременно с развитием технологий разработки и производства микропроцессоров, в таблице 1.3 представлены избранные вехи в развитии архитектуры и процессоров, разработанных в соответствии с этой архитектурой.

Таблица 1.3 – Избранные вехи в развитии архитектуры x86

|  |  |
| --- | --- |
| Событие | Важность этапа для развития архитектуры |
| Выпуск Intel 8086 (1978) | Первый коммерческий процессор с реализованной в нём архитектурой x86. |
| Выпуск Intel 80286 (1982) | Появление такого понятия как защищённый режим и виртуальная память. |
| Выпуск Intel 80386 (19xx) | Первый 32-х разрядный процессор, появление режима виртуального 8086, аппаратной отладки и страничного преобразования. |
| Выпуск Intel Pentium (i586) (1993) | Первый суперскалярный и суперковейерный процессор. Номерные названия ушли по причине невозможности запатентовать число. |
| Выпуск Intel Pentium Pro (i686) (1995) | Появление блоков предсказания ветвлений, переименования регистров, RISC-ядра, интеграция L2 кэша в один корпус с ядром. |
| Выпуск Intel Pentium MMX (1997) | Появление поддержки технологии MMX. |
| Выпуск Intel LV-Xeon DP (2002) | Появление технологии Hyper-Threading. |
| Выпуск AMD Opteron (2003) | Первый процессор с архитектурой x86-64 |

К началу 2000-х годов стало очевидно, что 32-битное адресное пространство архитектуры x86 ограничивает производительность приложений, работающих с большими объёмами данных. 32-разрядное адресное пространство позволяет процессору осуществлять непосредственную адресацию лишь 4 ГБ данных. Этого может оказаться недостаточным для некоторых приложений, связанных, например, с обработкой видео или обслуживанием баз данных.

Для решения этой проблемы Intel разработала новую архитектуру IA-64 – основу семейства процессоров Itanium. Для обеспечения обратной совместимости со старыми приложениями, использующими 32-разрядный код, в IA-64 был предусмотрен режим эмуляции. Однако на практике данный режим работы оказался чрезвычайно медленным. Архитектура процессоров семейства Itanium представлена на рисунке 1.5.

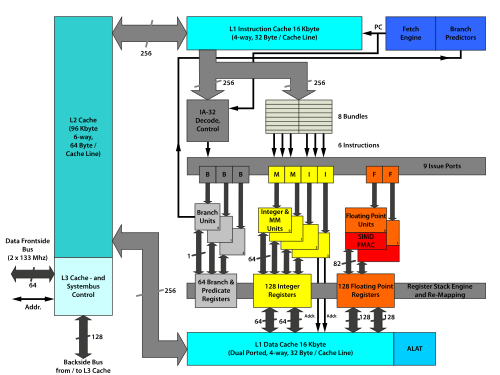


Рисунок 1.5 – Схема архитектуры процессоров семейства Itanium

Компания AMD предложила альтернативное решение проблемы увеличения разрядности процессора. Вместо того, чтобы изобретать совершенно новую систему команд, было предложено ввести 64-разрядное расширение к уже существующей 32-разрядной архитектуре x86. Первоначально новая архитектура называлась x86-64, позже она была переименована в AMD64. Первоначально новый набор инструкций поддерживался процессорами семейств Opteron, Athlon 64 и Turion 64 компании AMD. Успех процессоров, использующих технологию AMD64, наряду с вялым интересом к архитектуре IA-64, побудили Intel приобрести лицензию на набор инструкций AMD64. При этом был добавлен ряд специфических инструкций, не присутствовавших в изначальном наборе AMD64. Новая версия архитектуры получила название EM64T.

В литературе и названиях версий своих программных продуктов компании Microsoft и Sun используют объединённое именование AMD64/EM64T, когда речь заходит о 64-разрядных версиях их операционных систем Windows и Solaris соответственно. В то же время, поставщики программ для операционных систем семейства Linux, BSD используют метки «x86-64» или «amd64», а в Mac OS X используется метка «x86\_64», если необходимо подчеркнуть, что данное ПО использует 64-разрядные инструкции.

Процессоры данной архитектуры имеют два режима работы: Long mode и Legacy mode (режим совместимости с 32-битным процессорами на основе x86). На рисунке 1.6 представлена диаграмма, содержащая данные о режимах работы и процессорах, для которых эти режимы работы были введены и которые их поддерживают.

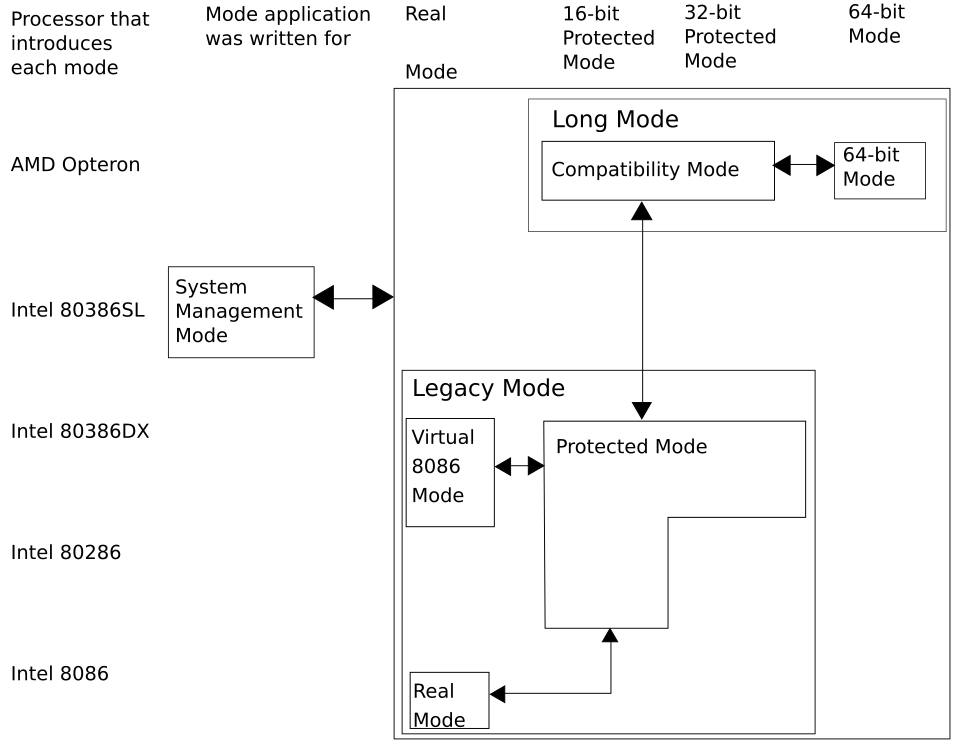


Рисунок 1.6 – Диаграмма режимов работы микропроцессоров

«Длинный» режим является основным для процессоров AMD64. Этот режим даёт возможность воспользоваться всеми преимуществами архитектуры x86-64. Для использования этого режима необходима любая 64-битная операционная система.

Этот режим позволяет выполнять 64-битные программы. Также, для обратной совместимости, предусмотрена поддержка выполнения 32-битного кода, включая 32-битные приложения. Однако при запуске 32-битных программ в 64-битной системе, они не смогут использовать 64-битные системные библиотеки, и наоборот. Для решения этой задачи большинство 64-разрядных операционных систем предоставляет два набора системных API: один для нативных 64-битных приложений и другой для 32-битных программ. Этот подход аналогичен методике, использовавшейся в ранних 32-битных системах, таких как Windows 95 и Windows NT, для выполнения 16-битных программ.

В режиме «Long Mode» были ликвидированы некоторые особенности архитектуры x86-32, такие как режим виртуального 8086 и сегментная модель памяти. Однако, осталась возможность использования сегментов FS и GS, что полезно для быстрого нахождения важных данных потока при переключении задач. Также аппаратная многозадачность и некоторые команды, связанные с устаревшими возможностями и работой с BCD-числами, которые редко используются в новых программах, были исключены. «Длинный» режим активируется установкой флага CR0.PG, который используется для включения страничного MMU. Таким образом, исполнение 64-битного кода с запрещённым страничным преобразованием невозможно. Это может вызвать определённые сложности в программировании, поскольку при переключении между «Long Mode» и «Legacy Mode» (например, для вызова функций BIOS или DOS, монитором виртуальной машины, и т. д.) требуется двойной сброс MMU, для чего код переключения должен располагаться в одинаково отображенной странице.

«Унаследованный» режим позволяет процессору x86-64 выполнять команды, предназначенные для процессоров x86, обеспечивая таким образом полную совместимость с 32-битным кодом и операционными системами для x86. В этом режиме процессор ведёт себя точно так же, как x86-процессор (например, как Athlon или Pentium III). Функции и возможности, предоставляемые архитектурой x86-64 (например, 64-битные регистры), в этом режиме, естественно, недоступны. В этом режиме 64-битные программы и операционные системы работать не будут.

Разрабатывая архитектуру AMD64 (AMD-реализации x86-64), инженеры корпорации AMD решили навсегда покончить с главным «рудиментом» архитектуры x86 – сегментной моделью памяти, которая поддерживалась ещё со времён 8086. Однако из-за этого при разработке первой x86-64-версии своего продукта для виртуализации программисты компании VMware столкнулись с непреодолимыми трудностями при реализации виртуальной машины для 64-битных гостевых систем [11]: поскольку для отделения кода монитора от кода «гостя» программой использовался механизм сегментации, эта задача стала практически неразрешимой.

Заключение

Текст заключения.

Список литературных источников

1. Доманов, А. Т. Стандарт предприятия / А. Т. Доманов,   
   Н. И. Сорока. – Минск: БГУИР, 2024. – 178 с.
2. Technical city [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://technical.city/ru/cpu/Ryzen-5-3500U-protiv-Ryzen-7-7700. – Дата доступа: 20.09.2025.
3. AnandTech [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.anandtech.com/print/10578/amd-zen-microarchitecture-dual-schedulers-micro-op-cache-memory-hierarchy-revealed. – Дата доступа: 17.12.2019.
4. AnandTech [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.anandtech.com/show/10578/amd-zen-microarchitecture-dual-schedulers-micro-op-cache-memory-hierarchy-revealed/2. – Дата доступа: 17.12.2019.
5. Forbes [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.forbes.com/sites/antonyleather/2018/01/07/amd-confirms-new-zen-ryzen-cpus-for-april-2018-x470-chipset-threadripper-and-apus-inbound-too/. – Дата доступа: 20.09.2025.
6. PC World [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.pcworld.com/article/3246211/computers/amd-reveals-ryzen-2-threadripper-2-7nm-navi-and-more-in-ces-blockbuster.html. – Дата доступа: 13.01.2018.
7. Phoronix [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.phoronix.com/news/AMD-Zen-2-New-Instructions. – Дата доступа: 20.09.2025.
8. TechPowerUp [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.techpowerup.com/256478/amd-zen-2-has-hardware-mitigation-for-spectre-v4. – Дата доступа: 20.09.2025.
9. AnandTech [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.anandtech.com/show/16214/amd-zen-3-ryzen-deep-dive-review-5950x-5900x-5800x-and-5700x-tested. – Дата доступа: 12.01.2020.
10. AnandTech [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://web.archive.org/web/20220926130934/https://www.anandtech.com/show/17585/amd-zen-4-ryzen-9-7950x-and-ryzen-5-7600x-review-retaking-the-high-end. – Дата доступа: 26.09.2022.
11. Pagetable [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.pagetable.com/?p=25. – Дата доступа: 18.07.2011.