

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ОХЛАЖДЕНИЯ СМАРТФОНОВ: АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Яромченко А.Г

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Пискун Г.А. – к.т.н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Проведен анализ современных методов охлаждения смартфонов, включая пассивные и активные технологии. Особое внимание уделено инновационной системе жидкостного охлаждения AquaCore Cooling System, применяемой в игровом смартфоне RedMagic 11 Pro, обеспечивающая циркуляцию фторированной жидкости и снижение температуры без шума и вибраций. Рассмотрены основные компоненты системы: активный вентилятор, пьезоэлектрическая микропомпа, испарительная камера. Проанализированы преимущества технологий в контексте высокопроизводительно процессора Snapdragon 8 Elite Gen 5 и их влияние на стабильность FPS в играх без троттлинга. Предложены перспективы развития, включая Heat Pass Block от Samsung.

Ключевые слова: пьезоэлектрическая микропомпа, испарительная камера, жидкостное охлаждение, охлаждение смартфонов, паровая камера, троттлинг, AquaCore Cooling System, Heat Pass Block.

Введение. Постоянный рост производительности мобильных процессоров, достигаемый за счет увеличения количества ядер и тактовых частот, приводит к пропорциональному росту тепловыделения. Традиционные пассивные системы на основе графитовых пластин перестают справляться с отводом тепла, что приводит к возникновению троттлинга – вынужденное снижение тактовой частоты для предотвращения перегрева. Это негативно сказывается на производительности.

В данной статье автором показано, что применение инновационных систем охлаждения позволяет не только снизить предельные температуры, но и обеспечить стабильную производительность при длительных нагрузках.

Основная часть. Современные системы охлаждения смартфонов делятся на две категории:

- активные;
- пассивные.

К пассивным технологиям охлаждения относятся: паровые камеры и графеновые пленки. Паровая камера представляет собой плоскую трубу или трубопровод, в котором находится жидкость (рисунок 1). Она может испаряться, а затем легко конденсироваться. Жидкость поглощает тепло от источника и становится паром. Этот пар попадает в более холодные части камеры, где конденсируются и отдает поглощенное тепло. После перехода в жидкую форму химическое вещество возвращается в исходное положение и повторяет цикл. Это повторяется до тех пор, пока тепло не будет равномерно распределено по всей камере [6]. Графеновые пленки обладают теплопроводностью до 5000 Вт/(м·К), что в 10-12 раз выше, чем у меди (385 Вт/(м·К)). Стоит отметить, что получение данного материала в промышленных масштабах пока задача невыполнимая, поэтому чаще используют восстановленный оксид графена. Материал обладает худшей теплопроводностью по сравнению с графеном до 500-900 Вт/(м·К).



Рисунок 1– Паровая камера смартфона

К активным технологиям охлаждения относятся: микровентиляторы и системы жидкостного охлаждения. Микровентиляторы гонят холодный воздух из внешней среды через теплораспределительную пластину процессора и выводят наружу, однако имеют недостаток в виде шума и механического износа. Стоимость такой технологии примерно равно стоимости паровых камер, однако эффективность выше. Инновационная система жидкостного охлаждения AquaCore Cooling System, реализованная в смартфоне RedMagic 11 Pro. Это первая массовая система, реализующая активную циркуляцию жидкости внутри смартфона. Система представляет собой двухканальную конструкцию, сочетающую жидкостное и воздушное охлаждение. Процесс терморегуляции включает в себя три этапа:

1. Теплопоглощение. Тепло от процессора Snapdragon 8 Elite Gen 5 отводится с помощью композита Liquid Metal 3.0 (жидкий металл), обеспечивающий улучшенную теплопроводность в сравнении с термопастой [1].

2. Теплопередача и циркуляция. Ключевым элементом системы является крошечная керамическая микропомпа. Сама помпа изготовлена из пьезокерамики, прокачивает охлаждающую жидкость по внутренним каналам, вырезанные лазером на микронном уровне для обеспечения плавного потока жидкости (рисунок 2). В качестве теплоносителя используется фторированная жидкость, класса антифриза, работающая в экстремальных температурах от -40°C до $+70^{\circ}\text{C}$ [3]. Циркулируя жидкость отводит тепло к радиатору с воздушным охлаждением.

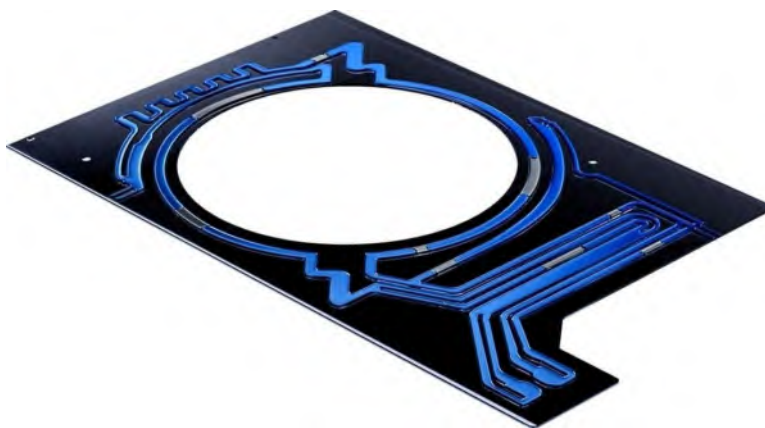


Рисунок 2 – Контур системы охлаждения

3. Теплоотвод. На конечном этапе вступает вентилятор, вращающийся со скоростью 24000 об/мин [1]. Вентилятор продувает воздух через специальные воздуховоды, выводя тепло за пределы корпуса.

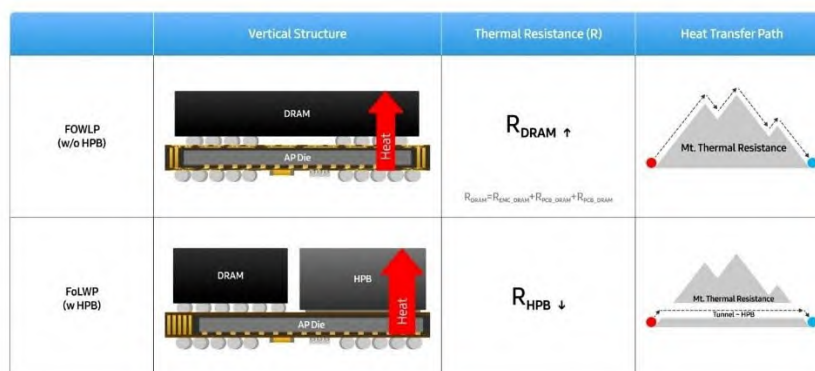
AquaCore Cooling System обеспечивает снижение температуры чипа до 10°C под нагрузкой по сравнению с пассивными система охлаждения, что позволяет полностью

исключить троттлинг. Это подтверждается практическими тестами (таблица 1). На данный момент данная технология является самой дорогой в реализации, однако эффективность данной технологии значительно выше, чем у других. Так что этот недостаток скрывается.

Таблица 1 – Сравнительная эффективность систем охлаждения

Параметр	iPhone 17 Pro Max(пассивная)	RedMagic 11 Pro (AquaCore)
Средний FPS в играх	59,6	60,9
Просадки FPS	6,5	0,5
Потребление заряда батареи, %	49	27

Следующим этапом развития охлаждения может стать технология Samsung Heat Pass Block, которая реализована в новом процессоре от Samsung Exynos 2600 и возможно уже появится во второй половине 2026 года. Технология представляет собой специальный теплоотводящий блок, который устанавливается непосредственно на кристалл процессора. В традиционных схемах чип памяти (DRAM) располагается прямо над процессором, создавая «тепловую ловушку» [2]. Чип памяти (DRAM) был перемещен таким образом, чтобы он больше не перекрывал основную область, генерирующую тепло. Затем НРВ, способный быстро передавать тепло, был размещен непосредственно над источником тепла для обеспечения более эффективного рассеивания тепла и снижения термического сопротивления. Это дает возможность процессорам достигать частот вплоть до 5 ГГц, что ранее было недостижимо для мобильных устройств без экстремального охлаждения. Главным преимуществом внедрения НРВ станет отказ от активных систем охлаждения – кулеров. Данная технология занимает промежуточное место по стоимости среди всех.



Б1

Рисунок 3 – Архитектура технология Heat Pass Block (HPB)

Заключение. Выполнен сравнительный анализ современных методов охлаждения смартфонов, классифицированных на пассивные и активные технологии. Установлено, что использование традиционных пассивных систем, несмотря на использование материалов с высокой теплопроводностью, достигают предела эффективности при длительных пиковых нагрузках, что приводит к неизбежному троттлингу. Детально рассмотрена инновационная система жидкостного охлаждения AquaCore Cooling System и процесс терморегуляции, используемая в игровом смартфоне RedMagic 11 Pro. Анализ показал, что применение гибридной двухканальной системы AquaCore позволяет снизить температуру процессора до 10°C под нагрузкой по сравнению с пассивными аналогами. Это позволяет снизить энергопотребление на 22%, значительно уменьшить просадки FPS. В качестве перспективного направления определена технология Heat Pass Block от Samsung. Данное решение предполагает изменение архитектуры чипа на кристаллическом уровне за счет выноса DRAM-

модулей из области процессора и установки медного теплоблока непосредственно над источником тепла.

Список литературы

1. REDMAGIC 11 Pro: Official Product Page [Electronic resource]. – Access mode: <https://global.redmagic.gg/pages/redmagic-11-pro>. – Access date: 25.02.2026.
2. Samsung Exynos 2600 и технология Heat Pass Block (HPB): новое слово в охлаждении мобильных процессоров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://abit.ee/ru/hardware/processor/samsung-exynos-2600-heat-pass-block-hpb-processor-cooling-qualcomm-mediatek-mobile-chips-soc-heat-di-ru>. – Дата доступа: 25.02.2026.
3. Red Magic 11 Pro: флагманский игровой смартфон с жидкостным охлаждением [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ixbt.com/news/2025/10/16/red-magic-11-pro.html>. – Дата доступа: 25.02.2026.
4. Какие бывают виды охлаждения в смартфоне [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://club.dns-shop.ru/blog/t-78-smartfonyi/143047-kakie-byivaut-vidyi-ohlazhdeniya-v-smartfone/>. – Дата доступа: 25.02.2026.
5. Samsung HPB и Exynos 2600: прорыв в охлаждении мобильных чипов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ixbt.com/news/2026/02/14/samsung-hpb-exynos-2600.html>. – Дата доступа: 25.02.2026
6. Что такое паровое охлаждение и как оно используется в смартфонах: раскрываем секреты вашего гаджета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.techinsider.ru/gadgets/1549353-cto-takoe-parovoe-ohlazhdenie-i-kak-ono-ispolzuetsya-v-smartfonah/>. – Дата доступа 25.02.2026.

UDC 621.396.6.04-71

MODERN METHODS OF COOLING SMARTPHONES: ANALYSIS AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Yaromchenko A.G.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Piskun G.A. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. This article analyzes modern smartphone cooling methods, including passive and active technologies. Particular attention is paid to the innovative AquaCore Cooling System, used in the RedMagic 11 Pro gaming smartphone, which circulates fluorinated liquid and reduces temperatures without noise or vibration. The main system components are discussed: an active fan, a piezoelectric micropump, and a vapor chamber. The advantages of these technologies are analyzed in the context of the high-performance Snapdragon 8 Elite Gen 5 processor and their impact on FPS stability in games without throttling. Future developments are proposed, including Samsung's Heat Pass Block.

Keywords: piezoelectric micro pump, evaporation chamber, liquid cooling, smartphone cooling, vapor chamber, throttling, AquaCore Cooling System, Heat Pass Block.