

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ БІЛІМ ЖӘНЕ  
ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ  
Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ

КӨЛІК – ЭНЕРГЕТИКА ФАКУЛЬТЕТІ



*«КӨЛІК ЖӘНЕ ЭНЕРГЕТИКАНЫҢ ӨЗЕКТІ МӘСЕЛЕЛЕРІ:  
ИННОВАЦИЯЛЫҚ ШЕШУ ТӘСІЛДЕРІ» ІХ ХАЛЫҚАРАЛЫҚ  
ҒЫЛЫМИ-ТӘЖІРИБЕЛІК КОНФЕРЕНЦИЯСЫНЫҢ БАЯНДАМАЛАР  
ЖИНАҒЫ*

***СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ  
ІХ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО – ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ: «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА И  
ЭНЕРГЕТИКИ: ПУТИ ИХ ИННОВАЦИОННОГО РЕШЕНИЯ»***

***PROCEEDINGS OF THE IX INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICE  
CONFERENCE «ACTUAL PROBLEMS OF TRANSPORT AND ENERGY:  
THE WAYS OF ITS INNOVATIVE SOLUTIONS»***



Нұр-Сұлтан, 2021

**УДК 656**  
**ББК 39.1**  
**А 43**

**Редакционная коллегия:**

Председатель – Мерзадинова Г.Т., проректор по науке и инновациям ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, д.т.н., профессор; Заместитель председателя – Султанов Т.Т., заместитель декана по научной работе, к.т.н., доцент; Сулейменов Т.Б. – декан транспортно-энергетического факультета ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, д.т.н., профессор; Председатель «Әдеп» – Ахмедьянов А.У., к.т.н., доцент; Арпабеков М.И. – заведующий кафедрой «Организация перевозок, движения и эксплуатация транспорта», д.т.н. профессор; Тогизбаева Б.Б. – заведующий кафедрой «Транспорт, транспортная техника и технологии», д.т.н. профессор; Байхожаева Б.У. – заведующий кафедрой «Стандартизация, сертификация и метрология», д.т.н. профессор; Глазырин С.А. – заведующий кафедрой «Теплоэнергетика», к.т.н., доцент.

**А 43 Актуальные проблемы транспорта и энергетики:** пути их инновационного решения: IX Международная научно – практическая конференция, Нур-Султан, 19 марта 2021 /Подгот. Г.Т. Мерзадинова, Т.Б. Сулейменов, Т.Т. Султанов – Нур-Султан, 2021. – 600с.

**ISBN 978-601-337-515-1**

В сборник включены материалы IX Международной научно – практической конференции на тему: «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения», проходившей в г. Нур-Султан 19 марта 2021 года.

Тематика статей и докладов участников конференции посвящена актуальным вопросам организации перевозок, движения и эксплуатации транспорта, стандартизации, метрологии и сертификации, транспорту, транспортной техники и технологии, теплоэнергетики и электроэнергетики.

Материалы конференции дают отражение научной деятельности ведущих ученых дальнего, ближнего зарубежья, Республики Казахстан и могут быть полезными для докторантов, магистрантов и студентов.

**УДК 656**  
**ББК 39.1**

**ISBN 978-601-337-515-1**

## ОХЛАЖДЕНИЕ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ СОВРЕМЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Варламов Геннадий Борисович<sup>1</sup>, Цзян Цзянгоу<sup>2</sup>, Глазырин Сергей Александрович<sup>3</sup>,  
Романова Екатерина Александровна<sup>4</sup>

*varlamovgb@gmail.com, glazyrin\_sa@enu.kz, romanova\_ko@ukr.net*

<sup>1</sup>Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой теоретической и промышленной теплотехники, <sup>2</sup>Аспирант, <sup>4</sup>к.т.н., доцент кафедры теоретической и промышленной теплотехники

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского», Киев, Украина

<sup>3</sup>кандидат технических наук, заведующий кафедрой теплоэнергетики ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

Современный прогресс в развитии человеческого общества невозможен без вычислений, обработки и накопления информации, мониторинга и анализа накопленных данных и прогнозирования развития процессов в различных сферах жизнедеятельности общества (социальной жизни, политике, банковской сфере, энергетике, сельском хозяйстве.

Все эти действия трудно себе представить без использования компьютерных технологий и устройств, которые развиваются ускоренными темпами чтобы удовлетворить все возрастающие потребности в обработке и систематизации информационных потоков [1]. Это требует затрат больших усилий со стороны высококвалифицированных специалистов и участия различных отраслей с целью создания целого комплекса устройств и систем:

- электронной - для разработки электронных плат и систем обработки информации;
- приборостроения - для создания различных устройств в составе компьютерных систем;
- металлургической - для создания специальных материалов;
- образовательной - для подготовки высококвалифицированных специалистов;
- теплоэнергетической - для разработки систем питания и охлаждения компьютерных систем.

Создатели вычислительных систем всегда преследуют две цели [2]:

- первая цель: разработать высокопроизводительные компьютерные системы, способные к очень быстрым вычислениям;
- вторая цель: создать многоуровневые компактные системы хранения информации с возможностью быстрого доступа в любую ячейку памяти, где она хранится.

Однако необходимо учитывать два фактора независимо от того, какие компьютерные системы рассматриваются, а именно[3]:

- 1) какие задачи следует решать с помощью компьютерной системы;
- 2) какие вычислительные средства потребуются и как они должны быть связаны между собой, чтобы требуемые задачи могли быть решены за заданное время (или же наоборот определяется время, необходимое для решения требуемых задач на выбранных вычислительных средствах).

Решаемые задачи вполне условно можно разделить по характеру взаимодействия частей задачи (вычислительных процессов) на: сильно связанные и с ослабленными связями [4].

И первые и вторые задачи целесообразно решать с помощью современного вычислительного комплекса (рис.1).

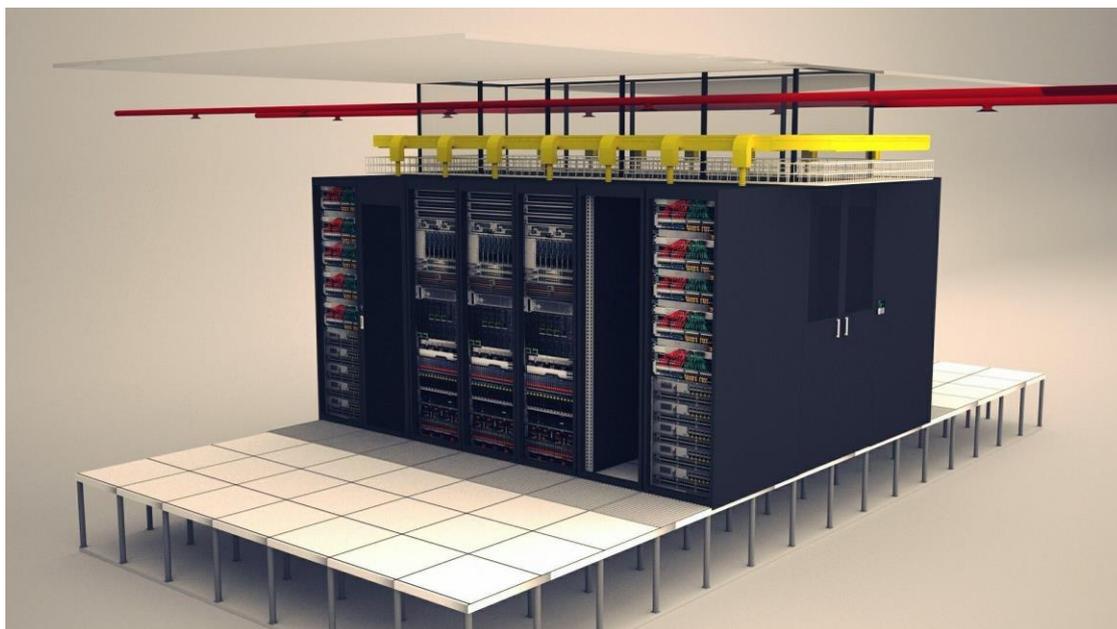


Рис.1 - Общий вид современного вычислительного комплекса

Под вычислительным комплексом обычно понимается набор взаимосвязанных и взаимодействующих процессоров или компьютеров, периферийного оборудования и программного обеспечения, предназначенных для сбора, хранения, обработки и распространения информации. Отличительной особенностью вычислительного комплекса по сравнению с традиционными компьютерами является наличие нескольких компьютеров, реализующих параллельную обработку данных [5].

Создание вычислительных комплексов преследует следующие основные цели:

- повышение производительности системы за счет ускорения обработки данных,
- повышение надежности и точности расчетов,
- обработка результатов одновременно нескольких задач (максимальная вычислительная возможность) и т. д.

Естественно при расчетах производительность и мощность таких систем очень велика, количество и удельная энергонагрузка вычислительных плат значительные, а это сопровождается выделением большого количества тепловой энергии.

Для таких комплексов актуальной задачей является создание и обеспечение надежной работы системы охлаждения [6].

Наиболее распространенной системой является воздушная система охлаждения. Однако ее возможности ограничены при создании мощных вычислительных комплексов, работающих постоянно на полной вычислительной мощности, параметрами окружающей среды: температурой и влажностью воздуха [7]. В теплое время года и в южных зонах земной поверхности надежность таких систем охлаждения очень низкая, что вынуждает создавать принципиально новые системы охлаждения, которые могли бы обеспечивать необходимые режимы работы комплексов обработки информационных потоков круглый год и в любое время суток.

На сегодняшний день для таких случаев целесообразно использовать жидкостные (рис.2) системы охлаждения вычислительных комплексов.

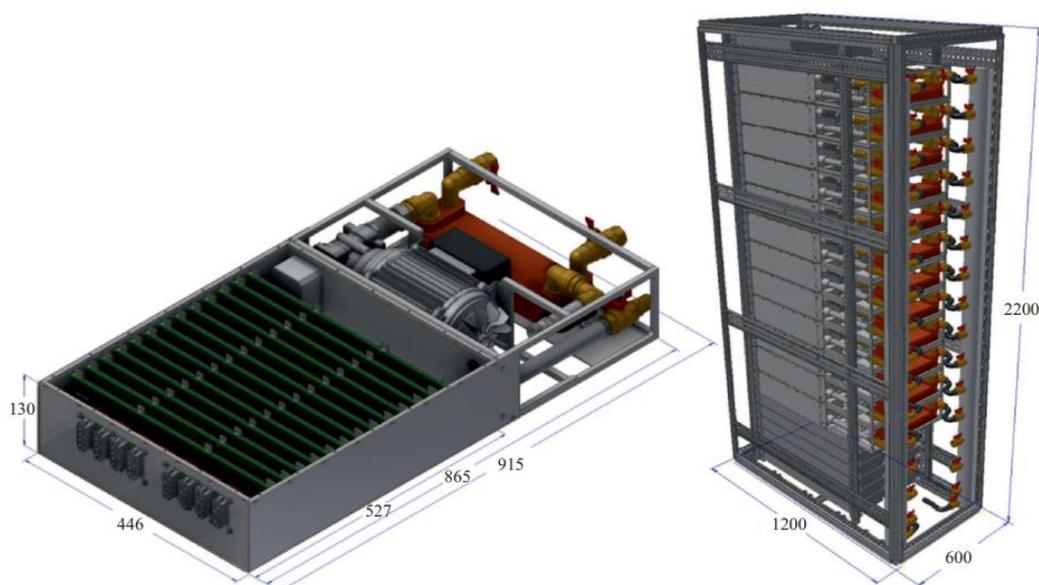


Рис.2 - Эскиз компьютерной системы на основе жидкостного охлаждения

Сейчас ученые всего мира пытаются сопоставить, исследовать и комплексно проанализировать тепловые характеристики, формы и вычислительные возможности существующих современных высокопроизводительных вычислительных комплексов, оценить особенности их построения и технические характеристики, определить основные параметры и величины, влияющие на уровень их максимального нагрева с целью создания наиболее оптимального и универсального типа охлаждения рабочих зон мощных вычислительных систем.

В КПИ им. Игоря Сикорского разработана принципиально новая универсальная система охлаждения таких мощных вычислительных комплексов, основанная на использовании двух типов рабочих сред (воздушно-жидкостной) с обеспечением сложных высокоэффективных теплообменных процессов на основе реализации преимуществ фазовых переходов. Такие процессы удастся реализовать за счет использования термосифонов.

Авторами предложена новая конструкция мощного вычислительного комплекса, который реализует принцип модульности и универсальности по тепловой мощности и места расположения на земном шаре в т.ч. и в южных широтах земной поверхности.

Принцип модульности реализуется на основе использования неограниченного количества вычислительных блоков, соединяющихся в модули.

Реализация принципа универсальности по обеспечению любой тепловой мощности обеспечивается высокой эффективностью процессов теплообмена между рабочими вычислительными платами и охлаждающей жидкостью за счет использования фазового перехода. При этом окружающая среда (воздух) является рабочим телом охлаждения парообразной фазы основного рабочего тела (жидкости) с конденсацией последнего на рабочих поверхностях многоканального термосифона [8].

Расчетные характеристики работы такой системы охлаждения отвечают современным высоким требованиям по удельным энергозатратам вычислительного комплекса, что выражается в коэффициенте PUE (Power Usage Effectiveness) [9]. PUE-это коэффициент, характеризующий уровень эффективность использования энергии вычислительным компьютерным комплексом при обработке информационных: сколько энергии используется вычислительным оборудованием по отношению к энергии, направленной на охлаждение и другие энергетические расходы. Чем ниже значение PUE, тем эффективнее считается работа вычислительного комплекса.

Для разработанной системы охлаждения вычислительного комплекса, которая должна обеспечить отвод тепловой мощности 91 кВт во время его работы, PUE составляет величину

1, 016 в интервале температур окружающего воздуха в пределах - 40 °С ...+ 40 °С, при этом удельная стоимость такого комплекса составляет 45 \$ / кВт, что соответствует мировым стандартам.

Выводы:

1. Актуальной задачей для обеспечения надежной и высокоэффективной работы мощных вычислительных компьютерных комплексов (ВКК) для обработки огромных информационных потоков является создание и внедрение нового типа систем охлаждения.

2. Авторы для создания мощных ВКК предлагают использовать принцип модульности с использованием нескольких (нескольких десятков, сотен) вычислительных блоков, соединенных в модули в виде основной части ВКК.

3. Систему охлаждения для такого вычислительного блока предложено создать за счет использования двухкомпонентного рабочего тела «воздух-жидкость».

4. Обеспечение высокой эффективной системы охлаждения ВКК предложено осуществить с использованием фазового перехода «паровая среда - жидкость» в многоканальном термосифоне, который является составной частью каждого отдельного вычислительного блока.

#### Список использованных источников

1. Мельник А.О. Компьютерная архитектура. - Луцк. Волынская областная типография, 2008. - 470 с.

2. John D.Owens, David Luebke, Naga Govindaraju, Mark Harris, Jens Krüger, Aaron E. Lefohn, Tim Purcell. "A Survey of General-Purpose Computation on Graphics Hardware". Computer Graphics Forum, volume 24, number 1, 2007, pp. 80–113.

3. X. Zhang, K. Parhi. "High-speed VLSI architectures for the AES algorithm". IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems, vol. 12, no. 9, pp.957–967, 2004.

4. Мельник А.О., Мельник В.А., Зараид Зияд. Использование реконфигурируемых ускорителей для повышения производительности персональных компьютеров // Научный вестник Черновицкого ун-та. Компьютерные системы и компоненты. - Черновцы: Нац. Университет Юрия Федьковича, 2010. - Вып. 1. - №1. - С. 20–25.

5. Karcheva G.T. Virtual innovative currencies as currencies of the future / G.T. Karcheva SM Nikitchuk // Financial Space. - 2015. - No. 2 (18). - P. 23–29.

6. Blackmore John Parry B. and Bornoff R. PCB Thermal Design DEVELOPMENT. – Printed Circuit Design & Fab / circuits Assembly, 2010, Nov., p.30–32.

7. Левин И.И., Дордопуло А.И.Сорокин Д.А., Каляев З.В., Доронченко Ю.И. «Реконфигурируемая компьютерная система на базе Virtex Ultra Scale с жидкостным охлаждением», в Proc. Int. Конф. «Параллельные вычислительные технологии», Архангельск, Россия, 28 марта - 1 апреля 2016 г.

8. Варламов Г.Б, Варламов Д.Г. Багатоканальний термосифон з вертикальною камерою випаровування. Патент України на корисну модель № 122371, 25.01.2018 р., бюл. № 2.

9. [https://en.wikipedia.org/wiki/Power\\_usage\\_effectiveness](https://en.wikipedia.org/wiki/Power_usage_effectiveness)