

Научная статья
УДК 330.131
<https://doi.org/10.24143/2073-5537-2023-4-58-66>
EDN XTZVQY

Экономическая эффективность использования полупроводникового охлаждения компьютерной техники

Ольга Анатольевна Гаврилова[✉], Александр Иванович Андреев,
Александр Евгеньевич Семенов, Василий Александрович Чанчиков

Астраханский государственный технический университет,
Астрахань, Россия, gavdiridpo@yandex.ru[✉]

Аннотация. Проведена оценка экономической эффективности создания полупроводниковой системы охлаждения компьютерной техники. Предложенное решение представляет собой более совершенный вариант системы жидкостного охлаждения персонального компьютера (ПК) с использованием элемента Пельтье. По сравнению с существующими аналогами, предлагаемый проект имеет ряд конкурентных преимуществ: высокую производительность системы, обладающей запасом мощности для более совершенных новинок компьютерной техники на рынке в сочетании с низкой ценой. Исследован экономический эффект перехода с систем водяного охлаждения на системы комбинированного охлаждения, включающие в себя как элементы жидкостного, так и полупроводникового охлаждения. Проведено экономическое обоснование перехода на термоэлектрические системы охлаждения ПК и серверов в рамках реального создаваемого проекта «Система полупроводникового охлаждения ПК», описана его новизна, рассматриваются перспективы коммерциализации, проведены анализ и сегментация рынка, а также расчет планируемых экономических показателей. Приведены результаты расчета критериев экономической эффективности инвестиционного проекта: чистого дисконтированного дохода и внутренней нормы доходности. Используемые подходы могут применяться для оценки и обоснования инвестиционной привлекательности научных проектов.

Ключевые слова: рынок систем охлаждения персональных компьютеров, системы воздушного охлаждения персональных компьютеров, калькуляция затрат, экономическая эффективность, инвестиционный проект

Для цитирования: Гаврилова О. А., Андреев А. И., Семенов А. Е., Чанчиков В. А. Экономическая эффективность использования полупроводникового охлаждения компьютерной техники // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. 2023. № 4. С. 58–66. <https://doi.org/10.24143/2073-5537-2023-4-58-66>. EDN XTZVQY.

Original article

Economic efficiency of semiconductor cooling transition of computer equipment

Olga A. Gavrilova[✉], Alexander I. Andreev, Alexander E. Semenov, Vasilii A. Chanchikov

Astrakhan State Technical University,
Astrakhan, Russia, gavdiridpo@yandex.ru[✉]

Abstract. An assessment of the economic efficiency of creating a semiconductor cooling system for computer equipment has been carried out. The proposed solution is a more advanced version of the liquid cooling system of a personal computer (PC) using a Peltier element. Compared with existing analogues, the proposed project has a number of competitive advantages: high performance of the system, which has a reserve of power for more advanced new computer equipment on the market, combined with a low price. The economic effect of the transition from water cooling systems to combined cooling systems, including both liquid and semiconductor cooling elements, is studied. The economic justification of the transition to thermoelectric cooling systems for PCs and servers within the framework of the real project “PC semiconductor cooling System” is carried out, its novelty is described, prospects for commercialization are considered, market analysis and segmentation are carried out, as well as the calculation of planned economic indicators. The results of calculating the criteria for the economic efficiency of an investment project are presented: net discounted income and internal rate of return. The approaches used can be used to assess and justify the investment attractiveness of scientific projects.

Keywords: personal computer cooling systems market, personal computer air cooling systems, cost calculation, economic efficiency, investment project

For citation: Gavrilova O. A., Andreev A. I., Semenov A. E., Chanchikov V. A. Economic efficiency of semiconductor cooling transition of computer equipment. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Economics.* 2023;4:58-66. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/2073-5537-2023-4-58-66>. EDN XTZVQY.

Введение

Системы охлаждения – неотъемлемая часть любых видов техники: компьютеров, автомобилей, котлов отопления и др., а также различных промышленных устройств, особенно в области микроэлектроники. С ростом мощности установок и электронных компонентов электроники проблема модернизации процесса отвода тепла от различных поверхностей становится более актуальной [1].

Проблема перегрева основных компонентов персональных компьютеров (ПК) актуальна в течение всего времени их существования. Особенно остро она проявляется при использовании высокопроизводительных систем, в майнинг-фермах, а также в географических областях с жарким климатом. Перегрев негативно влияет на все основные элементы ПК, вызывая ряд неустраняемых последствий. Очевидными признаками перегрева компьютера являются неожиданные отключения и перезагрузка операционной системы, зависание экрана, отключение клавиатуры, компьютерной мыши, отказ от работы с USB, снижение производительности. Высокая температура сокращает срок стабильной работы, приводит к ошибкам процессора и выходу из строя чипа, видеокарты, потере важной информации. Перегрев может вывести из строя и компоненты блока питания.

Экономический ущерб от перегрева проявляется возникновением дополнительных затрат на замену испорченных, вышедших из строя деталей и узлов, оплатой услуг сервисных служб, связанных с ремонтом или восстановлением. Чтобы предупредить перегрев, нужно систематически следить за температурой основных узлов компьютера, поддерживать оптимальную температуру ПК.

Используемые в настоящее время технологии на основе радиаторов часто не справляются с теплоотводом от современных процессоров, поэтому их место занял динамический способ воздушного охлаждения – кулеры, представляющие собой комбинацию радиатора и вентилятора. Главная функция этого устройства – снижение температуры процессора за счет обдува потоком воздуха и поддержание условий работы на заданном уровне. Основная часть любого кулера – это вентилятор, и он является главной причиной шума в системном блоке. По уровню шума кулеры классифицируются от условно бесшумных до высокошумных. Кулеры представляют самый простой и доступный способ защиты от перегрева [2].

Системы водяного охлаждения, когда-то использовавшиеся только в серверных системах, в последнее время достаточно эффективно применяются в домашних компьютерах. Его главным преимуществом является скорость охлаждения, т. к. жидкость может проводить тепло почти в 30 раз быстрее, чем воздух. Основой жидкостного охлаждения является хладагент: вещество, с помощью которого тепло от нагревательного элемента компьютера отводится к радиатору, где затем рассеивается в окружающую среду. В качестве рабочей жидкости может использоваться дистиллированная вода, масло, антифриз, жидкий металл или другое специальное вещество [3].

Рост производительности процессоров в последние годы привел к тому, что системы охлаждения в ряде случаев просто не справляются с нагрузкой. Появление производительных систем жидкостного охлаждения (СЖО) лишь отчасти решает проблему. Применяемая в среднем на 30–40 % компьютеров СЖО имеет ряд недостатков, в том числе предел производительности. Из-за низкой разности температур теплоносителя и объекта охлаждения производительность СЖО имеет свой порог, выше которого ее работа становится неэффективной. Эта проблема может быть решена введением в систему охлаждения отдельного модуля – холодильной машины, однако тогда стоимость всей системы резко увеличивается, как и ее массогабаритные характеристики. Перспективным направлением является применение технологии с использованием элементов Пельтье, но для этого требуется резко увеличить их производительность и произвести правильную интеграцию с существующими компонентами.

Сравнительная характеристика видов систем охлаждения ПК

Спрос на системы охлаждения за последний год повысился в среднем на 15 %. Рынок увеличивается и требует все новых и новых технологий и подходов к удовлетворению спроса компаний и отдельных потребителей на системы охлаждения ПК. Существуют несколько видов систем охлаждения ПК: жидкостное, воздушное, криогенное или азотное, фреоновые установки, элемент Пельтье. Наиболее перспективной технологией на рынке является СЖО. Объем мирового рынка СЖО, составивший примерно 2,5 млрд долл. в 2020 г., увеличится до уровня 12,99 млрд долл. к 2030 г. Сред-

негодовой темп роста рынка за этот период ожидается на уровне 17,1 % ежегодно [4].

Мировой рынок жидкостного охлаждения для центров обработки данных, по оценкам MarketsandMarkets, увеличится к 2024 г. в 2,6 раза и достигнет показателя 3,2 млрд долл. в год при среднегодовом темпе роста в 22,6 % в течение прогнозируемого периода. Основные факторы, способствующие росту рынка, включают увеличивающуюся потребность в энергоэффективных решениях для охлаждения, растущий спрос на компактные и бесшумные решения, потребность в более низких эксплуатационных расходах.

Одними из самых распространенных систем охлаждения также являются системы воздушного охлаждения (СВО). Классические СВО представлены кулерами, которые комплектуются вместе с процессором. Они эффективно отводят тепло от важных ИТ-систем и элементов, поэтому геймеры, программисты и специалисты по графике отдают предпочтение мощным кулерам таких производителей, как Zalman, Cooler Master, Noctua.

Вентиляторы, радиаторы и тепловые трубки делают СВО надежной и бесперебойной, но она, как правило, не справляется с этой задачей при установке в более мощный и современный ПК.

При выборе системы охлаждения нужно учитывать два важных параметра:

- тип графической карты;
- мощность процессора.

Чем мощнее эти два компонента, тем эффективнее должна быть система, охлаждающая процессор и его элементы, которые сильно нагреваются, а вентилятор не в состоянии быстро отвести тепло, и это может привести к повреждению процессора и видеокарты.

Жидкостное и воздушное охлаждение – отличное базовое решение для современных компьютеров, которые оснащены мощным процессором и видеокартой, а также имеют большой объем оперативной памяти. Большим преимуществом системы водяного охлаждения является ее бесшумность и эффективность, т. к. здесь в качестве теплоносителя используется жидкость, позволяющая быстро охлаждать воздух [5].

Оценка рынка систем охлаждения ПК

На российском рынке наиболее популярны модели СЖО с небольшой производительностью от таких компаний, как Corsair, Deepcoller и Cooler Master. Основным трендом для ПК является СЖО в ценовой категории до 300 долл., что для новой системы обуславливает необходимость вписаться в данный предел по цене. Среднее значение производительности составляет примерно 140–150 Вт, что является желательным показателем для потребителей и характерно лишь для крупных СЖО.

Особенностью российского рынка компьютерной техники в настоящее время является большая доля «серого» импорта. Сложности российского рынка и высокие таможенные пошлины не позволяют иностранным компаниям активно самим работать на рынке, вынуждая передавать дистрибуцию местным агентам. Большая доля небрендированных товаров объясняется тем, что их основными покупателями являются сборщики, а не конечный потребитель, который также вносит свои поправки в спрос на системы охлаждения [6].

Современные прогнозы подтверждают, что рынок импортных персональных компьютеров снизится в 2023 г. еще на 28,1 %. Это значит, что тенденции роста спроса на зарубежные ПК для российских потребителей не прогнозируется [7].

Несмотря на снижение объема ИТ-рынка в России, количество зарегистрированных российских ИТ-компаний и их оборот повысились в 2022 г. по сравнению с аналогичным периодом 2021 г. В течение 2022 г. активно менялась популярность различных брендов ПК. Сначала это были популярные зарубежные марки: Lenovo, Dell, HP и др. [8]. Наблюдается рост интереса к отечественным компаниям, которые производят ноутбуки. В 2022 г. российские производители ноутбуков вдвое увеличили свою долю на рынке в натуральном выражении. Приобретать отечественную продукцию становится дешевле, чем зарубежную. Это связано с уменьшением логистических и таможенных затрат, поскольку наибольшая часть оборудования или комплектующих либо производится в России, либо закупается в Китае и других дружественных странах по более низкой стоимости, чем американские и европейские аналоги. Увеличение спроса на отечественную продукцию отчасти является также следствием недостаточного параллельного импорта [9].

Тенденция к появлению более мощных систем охлаждения наблюдается и в производстве и разработке компьютеров высокой мощности и суперкомпьютеров. Все это диктует необходимость разработки новых, более экономичных технологий в области охлаждения ПК.

Техническое решение и научная новизна проекта

Одной из наиболее перспективных систем охлаждения ПК является система, использующая элемент Пельтье – термоэлектрический преобразователь (охладитель), принцип действия которого базируется на возникновении разности температур при протекании электрического тока.

Предлагаемый проект представляет собой переработку и усовершенствование системы жидкостного охлаждения ПК с привнесением в него нового подхода. Для увеличения производительности системы по холоду в нее установлена термо-

электрическая холодильная машина (ТЭХМ), выполняющая роль охладителя для отведения тепла. Термоэлектрическая машина представляет собой аппарат на основе комбинирования эффекта Пельтье с другими видами отвода тепла, такими как тепловые трубы и кондиционирование микрообъемов. Так, для прототипа был использован башенный кулер, включающий в себя радиатор с вентилятором и тепловые трубы, на которые был уложен элемент Пельтье на подушку из теплопроводящей пасты. На элемент был установлен объем охлаждающей жидкости. Такой подход был выбран исходя из того, что для увеличения производительности охлаждающей системы необходимо увеличить разницу температур между хладоносителем и объектом охлаждения. В качестве объекта охлаждения принимается либо центральный процессор (ЦП), либо ЦП плюс дополнительные компоненты (например, видеокарта). При увеличении разности температур возрастает холодопроизводительность системы, что положительно влияет на охлаждение. Эксперименты проводились с различными температурами от +15 до -10 °С. Оптимальной выбрана температура в интервале от +5 до +10 °С, это объясняется хорошим охлаждением и отсутствием образования льда в системе.

Проект предусматривает три варианта компоновки полупроводниковой СЖО.

Первый вариант заключается в том, что ТЭХМ встраивается вместо радиатора сброса тепла. При этой схеме холод производится в холодильной машине и подается хладоносителем на охлаждение ЦП и других компонентов. Подача осуществляется с помощью помпы, так же, как и в СЖО. Хладоно-

ситель находится под давлением для обеспечения нужного расхода. Так как отводить тепло на радиатор не нужно, то холодильная машина находится в непосредственной близости от объекта охлаждения, что сокращает длину трубок. Контроль за состоянием системы осуществляется с помощью контроллера, задачей которого является получение сигнала от манометра и двух датчиков температуры. Манометр необходим для подачи сигнала о снижении давления в системе в случае утечки. Датчики температуры отвечают за разность температур на входе и выходе объекта охлаждения, что позволяет дополнительно контролировать температурный режим.

Работа системы производится следующим образом. Хладоноситель охлаждается в ТЭХМ, тепло от горячего спая отводится через радиатор машины. Затем охлажденный носитель подается помпой через измерительный комплекс в объект охлаждения, где забирает тепло от работающих компонентов и возвращается в холодильную машину. В зависимости от необходимой потребности ТЭХМ комплектуется нужным числом элементов Пельтье. Такое решение позволяет создавать системы охлаждения различной производительности без существенного изменения конструкции.

Второй вариант – это встраиваемая система. В этой системе элемент Пельтье прилегает непосредственно к объекту охлаждения без промежуточного носителя (рис. 1). Жидкостная же система отводит тепло от горячего спая элементов. Такая система меньше по габаритам, но требует более высокой точности изготовления.



Рис. 1. Система охлаждения на базе Пельтье:
 а – элемент Пельтье; б – контур системы СЖО; в – система прототипа

Fig. 1. Peltier-based cooling system: а – Peltier element; б – liquid cooling system circuit; в – prototype system

Контролируется система по тем же параметрам, что и в первом варианте.

В случае майнинг-ферм (на базе технологии ASIC) система состоит из нескольких каскадов

охлаждения для получения максимальной производительности (рис. 2), но конструктивно это выглядит как такая же ТЭХМ, внутри которой элементы Пельтье собраны в каскады.

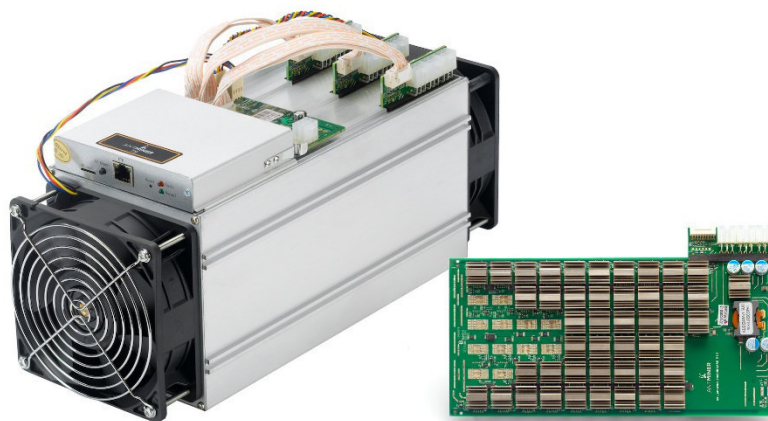


Рис. 2. Майнер Asic Bitcoin

Fig. 2. The Asic Bitcoin Miner

В случае особо производительных систем может быть собрано параллельно несколько ТЭХМ.

Конкурентные преимущества предлагаемого проекта

Рассматриваемый проект «Система полупроводникового охлаждения ПК» направлен на увеличение холодопроизводительности жидкостных и воздушных систем охлаждения. Система обладает небольшими размерами, за счет исключения радиатора из СЖО, что позволяет резко снизить ее габариты и увеличить мощность, в воздушных системах. Также это позволяет увеличить производительность охлаждения.

Проект решает проблему перегрева для производительных ПК, частных серверов и небольших майнинг-ферм, требующих автономной системы охлаждения. Возможно получение нескольких систем сходной конструкции с различными параметрами холодопроизводительности, что позволяет унифицировать систему.

По сравнению с существующими аналогами, проект имеет ряд преимуществ. Прежде всего, это высокая производительность системы. Фактически производительность системы может быть увеличена в 2-3 раза по сравнению с аналогами, что дает запас мощности на все ближайшие возможные новинки на рынке процессоров и видеокарт. Также отличительным фактором является ее невысокая цена.

Система собирается из недорогих и доступных компонентов и может встраиваться в систему существующих систем охлаждения без существенной

их переработки. Система собирается из доступных деталей, уже представленных на рынке, что также снижает себестоимость ее производства. Таким образом, это система охлаждения ПК с меньшими размерами и высокой производительностью.

Проект производства системы полупроводникового охлаждения на базе элементов Пельтье можно реализовать двумя способами. Первый – это реализация полупроводниковой системы охлаждения как кит-комплект на ПК, т. е. комплект, который можно собрать своими руками. Данный вариант заказных изделий ориентирован на пользователей ПК – физических лиц.

И второй способ – версия, представляющая собой мелкосерийное производство, ориентированное на продажи фирмам – юридическим лицам.

Рассматриваемый проект может быть интересен всем пользователям, которым важна бесперебойная и скоростная работа компьютера и его долговечность: это и физические лица, и различные IT-компании.

По мнению аналитиков, доверие покупателей к ПК отечественного производства в России повысится, а масштабы их реализации значительно вырастут. В 2022 г. продажи ПК на внутреннем рынке превысили 900 тыс. единиц. Ожидается, что в 2023 г. продажи компьютеров в России увеличатся на 20–30 % и составят около 1,2 млн единиц. Основным заказчиком российских компьютеров являются государственные компании и учреждения, и их число удвоится.

В связи с политической ситуацией в стране

и введенными санкциями многие зарубежные производители ПК и их комплектующих ушли с российского рынка. В связи с этим может возникнуть сложная ситуация с заменой комплектующих ПК. Полупроводниковая система охлаждения поможет продлить срок службы техники без замены отдельных компонентов ПК, сэкономить пользователям и деньги, и время.

Расчет стоимости предлагаемой системы охлаждения

Проведем расчет затрат на создание, техническую поддержку и обслуживание полупроводниковой системы охлаждения ПК. Калькуляция затрат на создание, техническую поддержку и обслуживание полупроводниковой системы охлаждения ПК представлена в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Table 1

Калькуляция затрат на создание полупроводниковой системы охлаждения ПК

Calculation of creating a semiconductor PC cooling system cost

№	Статьи затрат	Сумма затрат, руб.
1	Основные материалы и комплектующие, в том числе	12 000,0
1.1	Гидравлическая система	8 000,0
1.2	Блок охлаждения Пельтье	2 000,0
1.3	Блок питания второго контура	300,0
2	Тара и упаковка	500,0
3	Оплата труда сборки одного комплекта	500,0
4	Социальные отчисления на заработную плату	150,0
5	Внерезервационные расходы, в том числе	2 000,0
5.1	Расходы на доставку	500,0
5.2	Расходы на установку	1 500,0
5.3	Маркетинговые расходы	3 787,5
6	Планируемая себестоимость производства системы охлаждения ПК	18 937,5

Таблица 2

Table 2

Калькуляция затрат на техническую поддержку и обслуживание полупроводниковой системы охлаждения ПК

Calculation of technical support and maintenance of a semiconductor PC cooling system cost

№	Статьи затрат	Сумма затрат, руб.
1	Оплата труда ТО одного комплекта	500,0
2	Социальные отчисления на заработную плату	150,0
3	Запасные части и комплектующие	3 000,0
4	Транспортные расходы	300,0
5	Планируемая себестоимость ТО системы охлаждения ПК	3 950,0

Сборка 1 комплекта без установки в компьютер осуществляется в среднем за 2 ч. С проведением монтажа и пуско-наладочных тестовых работ сборка занимает 3 ч. Рабочее место должно быть оборудовано системой центральной вентиляции, на каждое рабочее место требуется комплект для работы с микроэлектроникой. Данный комплект включает паяльную станцию, держатель для пайки (третья рука, подсветка и лупа), увеличитель (лупу), дрели, набор для слесарных работ, набор сверл по металлу с шестигранным хвостовиком, штангенциркуль, набор отверток и линейки. Общая стоимость всего комплекта составляет около 35 000 руб.

Проект «Полупроводниковая система охлаждения ПК» на начальном этапе планируется реализовать на малом инвестиционном предприятии (МИП) в форме

ООО с участием и поддержкой ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет» (АГТУ).

С учетом поддержки АГТУ, Министерства промышленности, транспорта и природных ресурсов Астраханской области и аппарата при губернаторе большая часть маркетинговых издержек возлагается на партнеров, поэтому расходы на продвижение составят не более 20–25 % от затрат на проект.

Изготовление продукта планируется в лаборатории АГТУ, поэтому такие затраты, как аренда помещения и энергия, в расчете затрат не учитываются и будут осуществляться университетом как соучредителем МИП.

Проведем расчет основных экономических показателей на период с 2024 по 2026 г. Количество

продаж систем охлаждения планируется нарастить за трехлетний период со 100 до 200 экземпляров. Услуги по технической поддержке и обслуживанию уже установленного оборудования увеличатся с 50 до 100 единиц.

Для оценки экономической эффективности инвестиционного проекта проведем расчет базовых показателей:

– чистого дисконтированного дохода (NPV), сопоставляющего продискатированные текущие денежные поступления и расходы;

– индекса доходности (PI), показывающего сумму чистых денежных поступлений на каждый рубль вложений [10].

При расчете номинальной ставки доходности

для дисконтирования денежных потоков были взяты ключевая ставка Банка России с 15 августа 2023 г. в размере 12 % и уровень инфляции в размере 11,8 %. Номинальная ставка по формуле Фишера для дисконтирования денежных поступлений при расчете NPV составит:

$$I\alpha = 0,12 + 0,118 + 0,12 \cdot 0,118 = 0,252 \%$$

Первоначальные вложения составят 35 000 руб. – это стоимость комплекта для работы с микроэлектроникой. Денежные поступления на основании данных табл. 3 в 2024 г. ожидаются на уровне 589 733 руб., в 2025 г. – 884 598,5 руб. и в 2026 г. – 1 179 465 руб.

Таблица 3

Table 3

Основные экономические показатели проекта

The main economic indicators of the project

Экономические показатели	2024 г.	2025 г.	2026 г.
Количество продаж систем охлаждения, ед.	100	150	200
Цена системы охлаждения, руб.	24 618,75	24 618,75	24 618,75
Выручка, руб.	2 461 875	3 692 812,5	4 923 750
Затраты на изготовление, руб.	1 893 750	2 840 625	3 787 500
Прибыль от продаж, руб.	568 125	852 187,5	1 136 250
Услуги технической поддержки и обслуживания оборудования, ед.	50	75	100
Цена на техническое обслуживание и услуги, руб.	5 135	5 135	5 135
Выручка, руб.	256 750	385 125	513 500
Затраты на техническую поддержку и комплектующие, руб.	197 500	296 250	395 000
Прибыль от продаж, руб.	59 250	88 875	118 500
Общая прибыль от всех видов деятельности, руб.	627 375	941 062,5	1 254 750
Единый налог по упрощенной системе с объектом дохода – 6 %	37 642,5	56 463,75	75 285
Суммарная чистая прибыль от всех видов деятельности, руб.	589 733	884 598,8	1 179 465
Рентабельность продукции, %		28,2	
Рентабельность продаж, %		21,7	
Чистый дисконтированный доход (NPV) проекта, тыс. руб.		1 601,37	
Индекс доходности		45,8	

Проведем расчет показателя NPV с коэффициентом дисконтирования денежных потоков,

учитывающим инфляцию:

$$NPV = \frac{589\,733}{(1+0,252)^1} + \frac{884\,598,5}{(1+0,252)^2} + \frac{1\,179\,465}{(1+0,252)^3} - 35\,000 =$$

$$= 471\,032,75 + 564\,337,16 + 600\,998,21 - 35\,000 = 1\,601\,368,12 \text{ руб.}$$

Рентабельность инвестиций определена с использованием индекса доходности PI , который свидетельствует о том, что на каждый рубль инвестиций проект принесет 45,8 руб. прибыли:

$$PI = 1\,601\,368,12 / 35\,000 = 45,8.$$

В связи с незначительной суммой первоначальных инвестиций показатели внутренней нормы доходности и срока окупаемости не рассчитывались.

Основные планируемые экономические показате-

ли предлагаемого проекта приведены в табл. 3.

Проведенные расчеты подтвердили, что на протяжении 3 лет реализации проект будет прибыльным и обеспечит рентабельность продукции на уровне 28,2 %. Чистый дисконтированный доход NPV составит за 3 года 1 601,37 тыс. руб. Рентабельность продаж ожидается на уровне 21,7 %. На каждый рубль вложенных инвестиций планируется получить 45,8 руб. чистых денежных потоков. Таким образом, все показатели экономической оцен-

ки инвестиционного проекта свидетельствуют о его экономической эффективности. Дополнительный экономический эффект от проекта может быть получен за счет экономии времени и финансовых средств, полученных в результате предотвращения ущерба от перегрева ПК.

Заключение

Таким образом, в представленной научной работе был проведен анализ экономических последствий перегрева элементов ПК. Рассмотрены характеристики существующих систем охлаждения ПК. Предложен наиболее экономически целесообразный вариант полупроводниковой системы охлаждения ПК, который обладает важными конкурентными преимуществами – небольшими размерами и высокой мощностью, а также невысокой ценой по сравнению с аналогами.

Проект позволяет решить проблему перегрева

для высокопроизводительных ПК, частных серверов и небольших майнинг-ферм, требующих автономной системы охлаждения. Возможно получение нескольких вариантов систем исходной конструкции с различными параметрами холодопроизводительности, что позволяет унифицировать систему.

Проведен расчет затрат на производство, техническую поддержку и обслуживание продукта и основные экономические показатели на период 2024–2026 гг. В рамках оценки эффективности инвестиций рассчитаны показатели чистой приведенной стоимости проекта (*NPV*), индекс доходности. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что в связи с небольшими капитальными затратами и рационально выбранной организационно-правовой формой предприятия проект является экономически перспективным с высокими показателями эффективности и окупаемости вложений.

Список источников

1. Цокова П. Х. Архитектура персонального компьютера // Межотраслевые исследования как основа развития научной мысли: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Саратов, 27 августа 2022 г.). Стерлитамак: АМИ, 2022. С. 163–164.
2. Яновский А. А., Симоновский А. Я., Хаустов П. А. Перспективы развития и моделирования систем охлаждения процессоров ПК с использованием магнитной жидкости в качестве охлаждающей среды // Междунар. студен. науч. вестн. 2015. № 3-4. С. 498–499.
3. Мажитов О. Д., Джунусова А. Б., Жуматаева Ж. Е. Использование элементов Пельтье для охлаждения современных компьютеров // Приоритетные направления развития образования и науки: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 09 апреля 2017 г.). Чебоксары: Интерактив плюс, 2017. Т. 2. С. 71–73.
4. Давыденко Е. Л., Су Ц. Международный рынок товаров ИКТ: современные тенденции и особенности развития китайского сегмента // Вестн. Ин-та экономики НАН Беларуси. 2021. Вып. 3. С. 83–98.

5. Алексеева К. Ю. Сравнительная характеристика разных систем охлаждения компьютера: жидкостная и воздушная // Наука, техника и образование. 2018. № 5 (46). С. 83–85.
6. Зимица Л. В. Российский рынок информационных технологий: состояние, тенденции // Образование и наука без границ: фундамент. и приклад. исслед. 2016. № 1. С. 85–90.
7. Компьютеры (рынок России) / TADVISER. URL: [\(дата обращения: 15.04.2023\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Компьютеры_(рынок_России)).
8. Ткачев В. В. Анализ потребительских предпочтений на российском рынке компьютерной техники в современных условиях // Экономика и бизнес: теория и практика. 2023. № 4-2 (98). С. 165–167.
9. Воронцовский А. В. Управление инвестициями: инвестиции и инвестиционные риски в реальном секторе экономики. М.: Юрайт, 2023. 391 с.
10. Погодина Т. В. Инвестиционный менеджмент. М.: Юрайт, 2023. 306 с.

References

1. Tsokova P. Kh. Arkhitektura personal'nogo komp'yutera. Mezhotraslevye issledovaniia kak osnova razvitiia nauchnoi mysli [The architecture of a personal computer. Intersectoral research as a basis for the development of scientific thought]. *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Cheboksary, 09 apreliia 2017 g.)*. Cheboksary, Interaktiv plus Publ., 2017. Vol. 2. Pp. 71-73.
2. Ianovskii A. A., Simonovskii A. Ia., Khaustov P. A. Perspektivy razvitiia i modelirovaniia sistem okhlazhdeniia protsessorov PK s ispol'zovaniem magnitnoi zhidkosti v kachestve okhlazhdaiushchei sredy [Prospects for the development and modeling of PC processor cooling systems using magnetic fluid as a cooling medium]. *Mezhdunarodnyi studentcheskii nauchnyi vestnik*, 2015, no. 3-4, pp. 498-499.
3. Mazhitov O. D., Dzhunusova A. B., Zhumataeva Zh. E. Ispol'zovanie elementov Pel't'e dlia okhlazhdeniia sovremennykh komp'yutеров. *Priortetnye napravleniia razvitiia obra-*

- zovaniia i nauki [The use of Peltier elements for cooling modern computers. Priority areas for the development of education and science]. *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Cheboksary, 09 apreliia 2017 g.)*. Cheboksary, Interaktiv plus Publ., 2017. Vol. 2. Pp. 71-73.
4. Davydenko E. L., Su Ts. Mezhdunarodnyi rynek tovarov IKT: sovremennye tendentsii osobennosti razvitiia kitaiskogo segmenta [The international market of ICT goods: current trends and features of the development of the Chinese segment]. *Vestnik Instituta ekonomiki NAN Belarusi*, 2021, iss. 3, pp. 83-98.
5. Alekseeva K. Iu. Sravnitel'naia kharakteristika raznykh sistem okhlazhdeniia komp'yutera: zhidkostnaia i vozduشناia [Comparative characteristics of different computer cooling systems: liquid and air]. *Nauka, tekhnika i obrazovanie*, 2018, no. 5 (46), pp. 83-85.

6. Zimina L. V. Rossiiskii rynek informatsionnykh tekhnologii: sostoianie, tendentsii [The Russian information technology market: state, trends]. *Obrazovanie i nauka bez granits: fundamental'nye i prikladnye issledovaniia*, 2016, no. 1, pp. 85-90.

7. *Komp'iutery (rynok Rossii)* [Computers (Russian market)]. TADVISER. Available at: [https://www.tadviser.ru/index.php/Stat'ia:Komp'iutery_\(rynok_Rossii\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Stat'ia:Komp'iutery_(rynok_Rossii)) (accessed: 15.04.2023).

8. Tkachev V. V. Analiz potrebitel'skikh predpochtenii na rossiiskom rynke komp'iuternoi tekhniki v sovremennykh

usloviakh [Analysis of consumer preferences in the Russian computer equipment market in modern conditions]. *Ekonomika i biznes: teoriia i praktika*, 2023, no. 4-2 (98), pp. 165-167.

9. Vorontsovskii A. V. *Upravlenie investitsiiami: investitsii i investitsionnye riski v real'nom sektore ekonomiki* [Investment management: investments and investment risks in the real sector of the economy]. Moscow, Iurait Publ., 2023. 391 p.

10. Pogodina T. V. *Investitsionnyi menedzhment* [Investment management]. Moscow, Iurait Publ., 2023. 306 p.

Статья поступила в редакцию 06.09.2023; одобрена после рецензирования 31.10.2023; принята к публикации 19.12.2023
The article was submitted 06.09.2023; approved after reviewing 31.10.2023; accepted for publication 19.12.2023

Информация об авторах / Information about the authors

Ольга Анатольевна Гаврилова — кандидат экономических наук, доцент; профессор кафедры производственного менеджмента; Астраханский государственный технический университет; gavdiridpo@yandex.ru

Александр Иванович Андреев — аспирант кафедры теплоэнергетики и холодильных машин; Астраханский государственный технический университет; aresut79@mail.ru

Александр Евгеньевич Семенов — кандидат технических наук, доцент; доцент кафедры теплоэнергетики и холодильных машин; Астраханский государственный технический университет; semenalex48@yandex.ru

Василий Александрович Чанчиков — кандидат технических наук; доцент кафедры судостроения и энергетических комплексов морской техники; Астраханский государственный технический университет; bazelius87@mail.ru

Olga A. Gavrilova — Candidate of Economic Sciences, Assistant Professor; Professor of the Department of Production Management; Astrakhan State Technical University; gavdiridpo@yandex.ru

Alexander I. Andreev — Postgraduate Student of the Department of Heat Power Engineering and Refrigeration Machines; Astrakhan State Technical University; aresut79@mail.ru

Alexander E. Semenov — Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Assistant Professor of the Department of Heat Power Engineering and Refrigeration Machines; Astrakhan State Technical University; semenalex48@yandex.ru

Vasily A. Chanchikov — Candidate of Technical Sciences; Assistant Professor of the Department of Shipbuilding and Power Complexes of Marine Technology; Astrakhan State Technical University; bazelius87@mail.ru

