

# ИНФОРМАЦИОННАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Сухов А.В., д-р техн. наук, проф., ФГБУ «Институт стандартизации»

Терентьев Е.О., аспирант, ФГБУ «Институт стандартизации»

*Рассматривается комплексная информационная оценка эффективности вычислительных систем, основанная на энтропии покрытия. На основе методологических принципов системного подхода и концептуально-логического моделирования предлагается аналитическое исследование вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей на этапе согласования.*

*Цель статьи заключается в анализе аппаратных и программных компонентов, а также математического и программного обеспечения, необходимого для оптимизации функциональности и эффективности информационных технологий. Методы научной прогностики применяются для выявления интегральных свойств компонентов и оценки их влияния на производительность системы. Работа предоставляет комплексный взгляд на согласование вычислительных систем, подчеркивая важность взаимодействия аппаратных и программных элементов, а также роли математического обеспечения в обеспечении стабильной работы вычислительной инфраструктуры.*

**Ключевые слова:** энтропия покрытия, вычислительная система, аппаратные компоненты, программное обеспечение, компьютерные сети, согласование компонентов, математическое обеспечение, информационные технологии.

## ВВЕДЕНИЕ

В стремительно развивающемся мире информационных технологий беспрепятственная интеграция и гармоничное функционирование вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей представляют собой важнейшую задачу. Данная статья посвящена информационному анализу аппаратных и программных компонентов (АПК) на важнейшем этапе координации. Поскольку технологический прогресс продолжает формировать нашу цифровую инфраструктуру, становится необходимым постичь фундаментальные аспекты, лежащие в основе синергии этих компонентов.

В узле вычислительных систем слияние математических и программных компонентов играет ключевую роль, особенно на этапе координации. Цель статьи – прояснить значение этих компонентов в обеспечении бесперебойной работы информационных технологий. Математические основы обеспечивают базу для моделирования, анализа и оптимизации, в то время как программные компоненты служат в качестве исполнителей, воплощающих эти математические модели в функциональную реальность.

При этом требуется с единых позиций дать информационную оценку эффективности вычислительного комплекса в целом.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА АППАРАТНЫХ И ПРОГРАММНЫХ КОМПОНЕНТОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

В основе информационного анализа аппаратных и программных компонентов вычислительных систем (ВС) лежит применение информационной меры – энтропии покрытия [1, 2]:

$$H = \log\{\|(X_r \setminus X_n) \cup X_n\| / \|X_n\|\}, \quad (1)$$

где символ «\» означает разность множеств; двойные прямые скобки «||» означают операцию взятия нормы;  $X_r$  – множество значений реальных показателей;  $X_n$  – множество нормативных значений.

Энтропия покрытия позволяет в едином информационном пространстве представлять разнородные по своей природе характеристики вычислительного комплекса и оценивать в целом его эффективность.

При аналитическом исследовании вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей на этапе согласования АПК вычислительных систем следует подразделить на аппаратные компоненты, программные компоненты, компьютерные сети, математическое обеспечение и программное

обеспечение. По существу, такое подразделение вычислительного комплекса на различные компоненты образует групповые показатели, каждый из которых может описываться своим отдельным вектором.

С учетом свойства аддитивности энтропии покрытия можно последовательно оценить групповые показатели по выражению (1), но только для каждой отдельной группы, а затем представить информационную оценку его эффективности в целом:

$$H = \sum_i H_{pi}, \quad (2)$$

где  $H_{pi}$  –  $i$ -й показатель оцениваемого вычислительного комплекса.

Не все характеристики (показатели) могут быть описаны метрически, часть из них может описываться вербально [3], в том числе и на основе экспертного оценивания [4]. В этом случае следует использовать шкалу сопоставления вербальных признаков числовым значениям, приведенную, например, в [3], см. табл.

#### Сопоставление вербальных признаков числовым значениям

Полное соответствие	$x = 100$	Безусловное соответствие показателя всем существенным и не существенным требованиям
Сильное соответствие	$x = 65$	Соответствие показателя всем существенным и ряду несущественных требований
Соответствие	$x = 35$	Соответствие показателя существенным требованиям, некоторое соответствие несущественным требованиям
Некоторое соответствие	$x = 15$	Соответствие показателя только существенным требованиям
Слабое соответствие	$x = 6$	Соответствие показателя отдельным существенным требованиям
Незначительное соответствие	$x = 2,5$	Соответствие показателя отдельным требованиям
Невыраженное соответствие (несоответствие)	$x = 1$	Не соответствует требованиям

Кроме того, большое внимание уделяется повышению энергоэффективности аппаратных компонентов. В связи с растущим вниманием к защите окружающей среды, необходимостью создания экологических ВС, производители активно разрабатывают энергоэффективные компоненты. Это включает в себя использование процессоров с низким энергопотреблением, оптимизацию методов управ-

Таким образом, оценивая отдельно вычислительный комплекс по групповым признакам, в последующем можно обобщить оценку в соответствии с выражением (2) и получить общую информационную оценку.

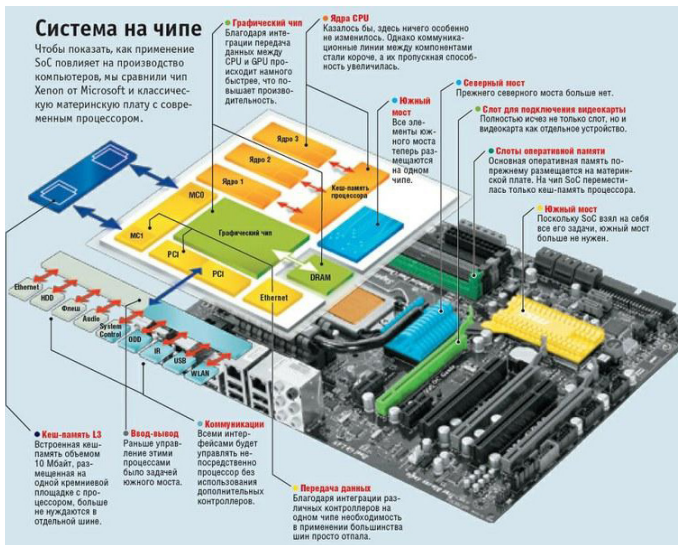
#### АППАРАТНЫЕ КОМПОНЕНТЫ

В последние годы наблюдается значительная эволюция аппаратных компонентов, обусловленная развитием технологий и растущим спросом на более быстрые и эффективные ВС. Одной из ключевых тенденций является миниатюризация компонентов, позволяющая создавать более компактные и мощные устройства. Это привело к появлению портативных устройств, таких как смартфоны и планшеты, с огромными вычислительными возможностями.

Еще одна важная тенденция – интеграция множества функций в одном чипе. Этот подход, известный как система-на-чипе (SoC – System-on-Chip), позволяет объединить различные компоненты, такие как процессоры, память и интерфейсы ввода/вывода, на одной интегральной схеме (см. Система на чипе). Такая интеграция не только экономит место, но и повышает общую производительность и энергоэффективность системы [5].

ления питанием и разработку энергоэффективных модулей памяти [6].

**Анализ производительности и надежности вычислительных систем** заключается в следующем. Производительность и надежность ВС – важнейшие аспекты, определяющие их удобство и эффективность. Анализ производительности



Система на чипе

включает в себя измерение таких факторов, как скорость обработки, объем памяти и скорость передачи данных. Аппаратные компоненты играют важную роль в определении общей производительности системы. Например, выбор процессора, типа памяти и устройств хранения данных может существенно повлиять на производительность системы.

При расчете энтропии покрытия требуется учесть показатели – производительность и надежность – и провести расчет группового показателя:

$$H_A = H(X_P, X_H). \quad (3)$$

Анализ надежности направлен на оценку способности системы работать без сбоев и ошибок. В строгосамосинхронных схемах логическое управление элементами обеспечивает дополнительное снижение энергопотребления, как при обработке данных, так и в условиях ожидания, когда схема находится в статическом состоянии [6].

**Архитектурные особенности комплексов** понимаются в том смысле, что комплексы, или сложные ВС, становятся все более распространенными в различных областях, включая облачные вычисления, высокопроизводительные вычисления и центры обработки данных. Эти системы часто состоят из множества взаимосвязанных компонентов, работающих вместе для выполнения сложных задач.

Одной из архитектурных особенностей комплексов является использование распределенных вычислений. При таком подходе рабочая нагрузка распределяется между несколькими взаимосвязанными компьютерами, что позволяет выполнять параллельную обработку и повышать производительность. Архитектуры распределенных вычислений также обеспечивают масштабируемость, так как до-

полнительные вычислительные ресурсы могут быть легко добавлены, например, за счет облачной инфраструктуры, осуществляя ряд вычислений в облачном сервисе [7].

Еще одной особенностью архитектуры является использование виртуализации. Виртуализация позволяет создавать виртуальные машины, которые могут одновременно запускать несколько операционных систем или приложений на одной физической машине. Важная архитектурная черта современных микропроцессоров состоит в наличии механизма кеширования программ и данных, что также повышает их быстродействие [8].

**Программные компоненты** играют важнейшую роль в обеспечении функциональности и безопасности вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей. Эти компоненты необходимы для правильного функционирования различных аппаратных компонентов, они обеспечивают выполнение задач и связь между различными элементами системы.

Одной из основных функций программных компонентов является предоставление необходимых инструкций и алгоритмов, которые позволяют аппаратным компонентам выполнять поставленные перед ними задачи. Сюда входят такие задачи, как обработка данных, управление хранением, протоколы связи и операции пользовательского интерфейса.

При расчете энтропии покрытия учтем показатели обработки данных  $X_D$ , управление хранением  $X_S$ , характеристики протоколов связи  $X_C$  и характеристики пользовательского интерфейса  $X_I$ :

Помимо обеспечения функциональности, программные компоненты также способствуют безопасности вычислительных систем и сетей  $X_B$ . Программные компоненты безопасности отвечают за обнаружение и предотвращение несанкционированного доступа, защиту конфиденциальных данных, выявление и устранение потенциальных уязвимостей. К таким компонентам относятся брандмауэры, антивирусные программы, алгоритмы шифрования и системы обнаружения вторжений. Внедряя надежные меры безопасности программного обеспечения, организации могут защитить свои системы и сети от вредоносных атак и несанкционированного доступа, обеспечивая целостность данных и конфиденциальность пользователей [9].

На этапе согласования необходим анализ АПК. Этот анализ включает в себя изучение совместимости различных компонентов, оценку их производительности и выявление любых потенциальных узких мест или недостатков, повышая качество программного обеспечения [10]. Выявление и устранение любых проблем и ограничений на этом этапе позволяет разработчикам и инженерам системы обеспе-

чить общую эффективность и надежность вычислительной системы или сети.

Кроме того, для успешной работы вычислительных систем жизненно необходимы математические и программные компоненты  $X_M$ . Обеспечивающие реализацию математических алгоритмов и моделей, которые позволяют выполнять сложные вычисления, анализ данных и моделирование [11].

Программные компоненты, с другой стороны, включают в себя разработку программ и интерфейсов, которые позволяют пользователям взаимодействовать с вычислительной системой. Эти компоненты отвечают за предоставление пользователям необходимых инструментов и функций для доступа к данным и манипулирования ими, выполнения команд и обеспечения связи между различными элементами системы [12]. Примерами программных компонентов являются операционные системы, драйверы устройств и прикладное программное обеспечение  $X_P$ : Групповой показатель примет вид:

$$H_P = H(X_S, X_C, X_I, X_B, X_M, X_P). \quad (4)$$

**Анализ методов разработки и внедрения программных компонентов.** Разработка и внедрение программных компонентов требуют тщательного планирования и анализа для обеспечения их успешной интеграции в большую систему. Существует несколько методов, обычно используемых на этапе анализа для оценки совместимости и функциональности этих компонентов.

Одним из таких методов является архитектурный (структурный) анализ, в ходе которого изучается общая структура и взаимосвязи программных компонентов. Этот анализ помогает выявить любые проблемы или ограничения в проекте, что позволяет внести необходимые изменения до начала реализации. Кроме того, архитектурный анализ помогает определить масштабируемость и ремонтопригодность программных компонентов.

Другой используемый метод – анализ интерфейсов, который фокусируется на взаимодействии между различными компонентами программного обеспечения. Этот анализ гарантирует, что интерфейсы правильно определены и соответствуют отраслевым стандартам, обеспечивая бесперебойную связь между компонентами. Анализ интерфейсов помогает выявить любые несовместимые или отсутствующие функциональные возможности, что позволяет своевременно внести исправления, а также строить адаптивные пользовательские интерфейсы [13].

В дополнение к вышеперечисленным методам при анализе программных компонентов все большее значение приобретает анализ безопасности. Этот анализ направлен на выявление уязвимостей и потенциальных угроз безо-

пасности, которые могут существовать в компонентах. Он включает в себя оценку протоколов безопасности, механизмов шифрования и контроля доступа, реализованных в компонентах. Проведение тщательного анализа безопасности позволяет снизить потенциальные риски, обеспечивая общую целостность и конфиденциальность системы.

**Компьютерные сети** играют важнейшую роль в современной технологической эпохе. Они обеспечивают беспрепятственную передачу данных, информации и ресурсов между различными устройствами и системами. Однако для обеспечения оптимальной работы этих сетей необходимо оценить их эффективность и масштабируемость.

Оценка эффективности компьютерных сетей включает в себя анализ различных компонентов и факторов. Одним из важных аспектов является пропускная способность сети  $X_R$ , под которой понимается объем данных, который может быть передан за определенный период времени. Это измерение помогает определить, насколько эффективно сеть справляется с передачей данных и соответствует ли она требуемому уровню производительности [14], сможет ли она использоваться в случае работы с большими данными (big data) [15].

Другим важным фактором является задержка, которая представляет собой временную задержку между отправкой запроса и получением соответствующего ответа  $X_T$ . Низкая задержка желательна в компьютерных сетях, особенно для приложений реального времени, требующих немедленного реагирования. Измеряя и анализируя задержку, сетевые администраторы могут выявить потенциальные узкие места и оптимизировать сеть для повышения производительности.

Масштабируемость  $X_M$  также является ключевым фактором при оценке компьютерных сетей. Она означает способность сети принимать все большее количество устройств, пользователей и трафика данных без существенного влияния на ее производительность. Оценка масштабируемости включает в себя анализ возможностей сети, как с точки зрения пропускной способности, так и вычислительной мощности, чтобы определить, сможет ли она справиться с ожидаемым ростом без ущерба для эффективности.

Помимо оценки аппаратных компонентов, не менее важна оценка программных компонентов  $X_{ПК}$ . Сетевые протоколы, алгоритмы и механизмы безопасности должны быть тщательно проанализированы, чтобы убедиться, что они соответствуют ожидаемым стандартам производительности и надежности. Отказоустойчивость и механизмы резервирования также играют важную роль в определении эффективности и масштабируемости сети.

Для оценки эффективности и масштабируемости компьютерных сетей можно использовать различные методологии

и инструменты. Системы сетевого мониторинга, инструменты тестирования производительности и имитационные модели обычно используются для измерения различных параметров и оценки производительности сети. С помощью этих оценок администраторы сетей могут выявить потенциальные проблемы, внедрить необходимые улучшения и обеспечить бесперебойную работу сети. Групповой показатель примет вид:

$$H_N = H(X_R, X_T, X_M, X_{ПК}). \quad (5)$$

## АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Технологии передачи данных играют решающую роль в определении эффективности компьютерных сетей. Различные технологии, такие как Ethernet, Wi-Fi и оптоволокно, обеспечивают разные уровни пропускной способности и скорости. Оценка пропускной способности необходима для измерения объема данных, которые могут быть переданы за определенный промежуток времени. Анализируя эффективность и надежность технологий передачи данных, сетевые администраторы могут выявить потенциальные узкие места и оптимизировать производительность сети [14].

**Анализ протоколов.** Сетевые протоколы необходимы для бесперебойной и безопасной работы компьютерных сетей. Такие протоколы, как TCP/IP и OSI, обеспечивают эффективную и надежную передачу данных между устройствами. Несмотря на то, что их разработка берет начало с середины 70-х годов<sup>1</sup>. Оценка совместимости, эффективности и производительности протоколов имеет решающее значение для оценки эффективности сети. Кроме того, протоколы безопасности, такие как SSL/TLS, играют важную роль в защите сетевых коммуникаций. Анализ производительности и надежности этих протоколов помогает обеспечить целостность и конфиденциальность передачи данных.

**Обеспечение безопасности в компьютерных сетях.** Компьютерные сети являются неотъемлемой частью современных ВС и играют важнейшую роль в обеспечении связи и передачи данных между различными устройствами. Однако с ростом зависимости от компьютерных сетей их безопасность стала серьезной проблемой. Сохранность информации и защита от несанкционированного доступа стали первоочередной задачей как для организаций, так и для частных лиц [16].

Безопасность в компьютерных сетях подразумевает применение мер и протоколов, обеспечивающих конфиденциальность, целостность и доступность данных. Одним из основных компонентов сетевой безопасности является шифрование, которое предполагает кодирование дан-

ных для предотвращения несанкционированного доступа. Алгоритмы шифрования, такие как Advanced Encryption Standard (AES) и Rivest Cipher (RC4), используются для защиты конфиденциальной информации при передаче [17].

Оценка эффективности и масштабируемости имеет решающее значение для управления компьютерными сетями. Оценивая различные АПК и анализируя такие ключевые факторы, как пропускная способность, задержка и масштабируемость, сетевые администраторы могут оптимизировать производительность сети и обеспечить ее бесперебойную работу. Этот процесс оценки помогает выявить потенциальные узкие места, внедрить необходимые улучшения и повысить общую эффективность компьютерных сетей в современном быстро развивающемся технологическом мире.

## ПРОГРАММНО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Математические модели и программные инструменты помогают оценить эффективность и масштабируемость компьютерных сетей. Имитационные модели могут точно представлять сетевую инфраструктуру и схемы трафика, облегчая анализ производительности сети в различных условиях [14]. Инструменты тестирования производительности помогают измерить различные параметры, такие как задержка, пропускная способность и масштабируемость. Используя математические модели и программные инструменты, сетевые администраторы могут получить представление о потенциальных проблемах и оптимизировать производительность сети.

Программно-математическое обеспечение (ПМО) играет важнейшую роль в проектировании и анализе вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей. Оно предоставляет инженерам, исследователям и аналитикам мощный набор инструментов для моделирования и симуляции различных компонентов системы и их взаимодействия. Используя математические модели, эти специалисты могут получить представление о поведении и производительности сложных систем еще до их физического воплощения.

Одним из главных преимуществ математических моделей является их способность представлять явления реального мира в упрощенной и абстрактной форме. Это позволяет исследователям анализировать поведение системы в различных условиях, изучать различные сценарии и оптимизировать работу системы. Математические модели могут отражать как статические, так и динамические аспекты систем, позволяя анализировать как устойчивое поведение, так и переходные процессы [11].

ПМО предлагает широкий спектр вычислительных методов для решения сложных математических уравнений и систем уравнений. Эти методы включают в себя численные методы, алгоритмы оптимизации, стохастическое модели-

<sup>1</sup> Будущее TCP и его производительность. – UTP: <http://www.netpatch.ru/misc-files/stievens/tcp-ip/glava24.html>

рование и статистический анализ. Используя эти вычислительные методы, инженеры могут прогнозировать и анализировать поведение системы более эффективно и точно.

Кроме того, математическое обеспечение позволяет визуализировать поведение системы, что является важнейшим аспектом процесса анализа. С помощью графиков, диаграмм и схем инженеры могут легко интерпретировать и передавать результаты, полученные с помощью математических моделей. Инструменты визуализации позволяют исследователям выявлять тенденции, закономерности и аномалии в поведении системы, что приводит к принятию более обоснованных решений.

### ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

ПМО является важнейшим компонентом в области вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей. Оно играет важную роль в анализе и оптимизации АПК.

Математическое моделирование – это мощный метод, позволяющий инженерам и исследователям моделировать и анализировать сложные системы. Создавая математические представления явлений реального мира, мы можем получить представление об их поведении и принимать обоснованные решения для повышения производительности. В контексте вычислительных систем математические модели могут отражать различные аспекты, такие как скорость обработки данных, распределение памяти и сетевое взаимодействие [5].

Одна из основных задач математического моделирования при оптимизации производительности – выявление узких мест и неэффективности в системе. Благодаря тщательному анализу мы можем определить области, в которых можно внести улучшения, и разработать стратегии для повышения общей производительности. ПМО предоставляет необходимые инструменты и алгоритмы для решения задач оптимизации, позволяя находить оптимальные решения в рамках заданных ограничений.

Кроме того, ПМО позволяет анализировать влияние различных параметров на производительность системы. Изменяя такие параметры, как частота процессора, объем памяти или пропускная способность сети, мы можем оценить влияние на пропускную способность системы, время отклика и другие показатели производительности. Этот анализ помогает определить оптимальную конфигурацию АПК для достижения желаемых целей по производительности [10].

Помимо оптимизации производительности, математическое моделирование также может помочь в распределении ресурсов и рабочей нагрузки. Учитывая такие факторы, как зависимость задач, доступность ресурсов и характери-

стики рабочей нагрузки, ПМО может помочь определить наиболее эффективное распределение ресурсов, минимизируя узкие места и максимизируя общую производительность [13].

ПМО также позволяет исследовать альтернативные архитектуры и конфигурации систем. Моделируя различные сценарии и оценивая их производительность, мы можем сравнить эффективность различных вариантов проектирования и выбрать тот, который лучше всего соответствует требованиям. Этот итеративный процесс моделирования и анализа позволяет нам точно настроить дизайн системы и улучшить ее общую производительность.

ПМО играет важнейшую роль в проектировании и анализе вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей. Оно предоставляет инженерам и исследователям мощные инструменты для моделирования, симуляции, анализа и оптимизации. Используя математические модели, специалисты могут получить ценные сведения о поведении системы и принимать обоснованные решения на этапе проектирования. ПМО предлагает различные вычислительные методы и средства визуализации, позволяющие исследователям изучать различные сценарии, проверять требования и оптимизировать работу системы.

Жизненный цикл разработки **программного обеспечения** (SDLC) – это систематический подход, которого придерживаются инженеры-программисты для разработки высококачественного программного обеспечения. Цикл состоит из нескольких фаз, которые обеспечивают эффективную и организованную разработку программного обеспечения. Эти фазы включают в себя сбор требований, системный анализ, проектирование, кодирование, тестирование и развертывание. Каждая фаза посвящена определенному аспекту разработки программного обеспечения и играет решающую роль в общем процессе [17, 18].

**Первая фаза SDLC** – сбор требований. На этом этапе инженер-программист взаимодействует с заинтересованными сторонами, чтобы понять их потребности и ожидания. Требования документируются и анализируются для определения объема и целей программного обеспечения. Эта фаза помогает установить четкие цели для процесса разработки.

**Следующий этап** – системный анализ, в ходе которого инженер-программист анализирует требования, собранные на предыдущем этапе. Это включает в себя изучение существующей системы, выявление потенциальных областей улучшения и разработку решения, отвечающего поставленным целям. Цель этого этапа – разработать концептуальную модель, которая послужит образцом для процесса разработки программного обеспечения [11].

После завершения системного анализа начинается этап проектирования. На этом этапе инженер-программист

создает подробный проектный документ, который определяет архитектуру, компоненты и модули программного обеспечения. Проектный документ служит руководством для этапа кодирования и гарантирует, что программное обеспечение будет разработано в соответствии с заданными спецификациями.

После этапа проектирования начинается этап кодирования, на котором инженер-программист пишет фактический код программного обеспечения. Эта фаза включает в себя перевод проектного документа на язык программирования и реализацию желаемых функциональных возможностей. Затем код проверяется и тестируется на наличие возможных ошибок и багов.

**Этап тестирования** – важная часть SDLC, поскольку он обеспечивает качество и надежность программного обеспечения. Различные виды тестирования, такие как модульное тестирование, интеграционное тестирование и системное тестирование, проводятся для проверки функциональности и производительности программного обеспечения. Любые проблемы или дефекты, выявленные в ходе тестирования, устраняются перед переходом к следующему этапу [18].

После того как программное обеспечение тщательно протестировано и все вопросы решены, оно готово к развертыванию. **Этап развертывания** включает в себя установку и настройку программного обеспечения в среде конечного пользователя. Эта фаза также включает в себя обучение и поддержку пользователей для обеспечения плавного перехода на новую систему программного обеспечения [18].

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕСТИРОВАНИЯ И ОТЛАДКИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНЫХ КОМПОНЕНТОВ

Программное обеспечение играет важнейшую роль в функционировании компьютерных систем, комплексов и компьютерных сетей. Чтобы обеспечить бесперебойную работу и надежность этих систем, необходимо иметь надежный процесс тестирования и отладки. Тестирование и отладка – важнейшие этапы разработки и сопровождения программных компонентов, поскольку они помогают выявить и устранить любые проблемы или дефекты.

Тестирование – это процесс оценки программной системы или компонента на предмет соответствия заданным требованиям. Оно включает в себя разработку и выполнение тестовых примеров для проверки функциональности, производительности и удобства использования программного обеспечения. Проводя различные тесты, такие как модульное тестирование, интеграционное тестирование и системное тестирование, разработчики могут систематически выявлять любые ошибки и недочеты в программном обеспечении [18, 19].

Качество компонентов программного обеспечения имеет огромное значение, поскольку оно напрямую влияет на производительность и надежность всей системы. Правильное тестирование и отладка помогают обнаружить и устранить любые проблемы на ранней стадии, снижая риск сбоев и неполадок в работе системы. Более того, комплексный подход к тестированию гарантирует, что программное обеспечение соответствует заданным требованиям и работает так, как ожидается. Это особенно важно для систем, критически важных с точки зрения безопасности, таких как авиация, здравоохранение и транспорт.

Чтобы добиться высокого качества программных компонентов, необходимо создать строгую систему тестирования и отладки. Это включает в себя разработку планов тестирования, определение тестовых примеров и внедрение эффективных методов отладки. Для оптимизации процесса тестирования и повышения его эффективности можно также использовать инструменты автоматизированного тестирования [19]. Кроме того, для устранения возникающих проблем и уязвимостей необходимо регулярно обновлять и поддерживать программные компоненты.

## РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ НА ЭТАПЕ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработка программного обеспечения и его применение играют важнейшую роль в современных вычислительных системах, комплексах и компьютерных сетях. На этапе согласования необходимо рассмотреть разработку и применение алгоритмов. Под алгоритмом в данном случае понимаются пошаговые инструкции, описывающие процессы, которые необходимо выполнить для решения конкретной задачи. Они являются основой разработки программного обеспечения и используются для анализа и манипулирования АПК.

На этапе координации разрабатываются алгоритмы, обеспечивающие бесперебойное функционирование вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей. Эти алгоритмы разрабатываются с учетом конкретных требований, таких как обработка данных, протоколы связи и оптимизация системы. Путем тщательного анализа и оценки алгоритмы подбираются таким образом, чтобы эффективно справляться с поставленными задачами и максимально повышать производительность системы.

Разработка и применение алгоритмов также включают в себя математические и программные компоненты. Математическое программное обеспечение необходимо для математического моделирования и симуляции, позволяя инженерам и ученым решать сложные уравнения и анализировать данные. Оно обеспечивает вычислительную базу для проведения расчетов, статистического анализа и математической оптимизации.

Программные компоненты, с другой стороны, являются составными частями компьютерных программ. Они включают в себя библиотеки, фреймворки и модули, которые поддерживают разработку программных систем. Эти компоненты отвечают за различные функциональные возможности, такие как дизайн пользовательского интерфейса, хранение и поиск данных, сетевые коммуникации и безопасность.

Этап координации служит важнейшим этапом тестирования и доработки программных компонентов, обеспечивая их совместимость и функциональность в рамках вычислительной системы, комплексов и компьютерных сетей. Благодаря тщательным процедурам тестирования выявляются и устраняются потенциальные проблемы и ошибки в программном обеспечении, что повышает общее качество системы (качество ПО).

Кроме того, этап координации включает в себя оценку и оптимизацию программного обеспечения для обеспечения эффективной работы. Это включает в себя анализ вычислительной сложности алгоритмов, выявление неэффективности и внедрение оптимизаций для повышения общей производительности системы.

Разработка программного обеспечения и его применение необходимы для успешного функционирования ВС, комплексов и компьютерных сетей. Фаза координации сосредоточена на разработке и применении алгоритмов, включающих математические и программные компоненты. Эта фаза обеспечивает совместимость, функциональность и оптимизацию производительности программного обеспечения для удовлетворения конкретных требований и достижения максимальной.

Итоговая информационная оценка эффективности аппаратных и программных компонентов вычислительных систем и компьютерных сетей в соответствии с (2) примет вид:

$$H_{\Sigma} = H_A + H_P + H_N, \quad (6)$$

что позволяет с единых позиций формировать информационную оценку эффективности вычислительного комплекса в целом, формулировать требования к подсистемам управления с учетом перспектив развития отдельных составляющих ВС.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведен анализ аппаратных и программных компонент ВС, комплексов и компьютерных сетей, сосредоточившись на их математических и программных аспектах на этапе координации.

На основе проведенного анализа можно сделать несколько ключевых выводов. Во-первых, очевидно, что эффективность и производительность ВС в значительной степени зависят от синергии между АПК. Поэтому для достижения наилучших результатов очень важно обеспечить сбалансированную и оптимизированную интеграцию этих компонентов. Также важно регулярно контролировать и оценивать производительность аппаратно-программных компонентов, чтобы выявить потенциальные узкие места или области для улучшения.

Во-вторых, развитие технологий, особенно в области искусственного интеллекта, больших данных и облачных вычислений, открывает новые возможности и ставит новые задачи для развития вычислительных систем и компьютерных сетей. Распространение подключенных к интернету устройств и экспоненциальный рост объема данных требуют масштабируемых и надежных архитектур, способных справиться с растущими требованиями. Кроме того, интеграция передовых алгоритмов и методов машинного обучения в ВС открывает новые возможности для автоматизации, оптимизации и предиктивного анализа.

Перспективы развития ВС и компьютерных сетей представляются многообещающими. Постоянное развитие аппаратных технологий, таких как разработка более быстрых процессоров, увеличение объема памяти и более эффективных систем хранения данных, позволит создавать еще более мощные и производительные системы.

Кроме того, постоянное развитие практики разработки программного обеспечения, включая внедрение Agile-методологий, DevOps и контейнеризацию, повысит эффективность и гибкость программных компонентов. Это позволит ускорить циклы разработки, улучшить взаимодействие между командами и быстро адаптироваться к меняющимся требованиям.

Развитие пограничных вычислений и развертывание сетей 5G существенно повлияют на будущее ВС и компьютерных сетей. Пограничные вычисления позволяют обрабатывать и анализировать данные на границе сети, сокращая задержки и расширяя возможности реального времени. В то же время высокая скорость передачи данных и низкая задержка, обеспечиваемые сетями 5G, позволят ускорить и повысить надежность связи между устройствами и системами.

Анализ АПК вычислительных систем и компьютерных сетей позволяет получить данные об их текущем состоянии и потенциале перспективы развития. Интеграция математических и программных подходов обеспечивает эффективность, надежность и масштабируемость этих систем.



## Список использованных источников и литературы

1. Сухов А.В. Динамика информационных потоков в системе управления сложным техническим комплексом // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2000. № 4. С. 111–120.
2. Сухов А.В., Бурый А.С., Пискунов А.В. Инновационный инструментарий использования энтропии покрытия для информационного анализа инвестиционных рисков предприятия // Транспортное дело России. 2011. № 10. С. 107–109.
3. Сухов А.В., Конюшев В.В. Идентификация сингулярных последовательностей признаков аномальных событий в информационном пространстве // Правовая информатика. 2023. № 2. С. 26–33.
4. Семенов С.С. Оценка качества и технического уровня сложных систем: Практика применения метода экспертных оценок. – М.: ЛЕНАНД, 2015. – 352 с.
5. Алехин В.А. Проектирование электронных систем с использованием SystemC и SystemC –AMS // Российский технологический журнал. 2020. 8 (4). С. 79–95.
6. Грекова О.В., Греков А.В. Энергоэффективные вычисления и обеспечение отказоустойчивости систем управления // Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2013. № 7. С. 123–130.
7. Бурый А.С., Саков А.А., Слепынцева Л.И. Стандартизация облачных вычислений, как регулятор информационного общества // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2016. № 1 (29). С. 1.
8. Асратян Р.Э. Моделирование работы управляющих многомашинных комплексов в системе виртуальных машин // Проблемы управления. 2009. № 3. С. 69–75.
9. Шелухин О.И., Ерохин С.Д., Полковников М.В. Технологии машинного обучения в сетевой безопасности. – М.: Горячая линия – Телеком, 2021. – 360 с.
10. Бурый А.С., Морин Е.В. Модельно-алгоритмические структуры оценки качества программных изделий. – М.: Горячая линия – Телеком, 2019. – 160 с.
11. Сухов А.В., Зайцев М.А. Модельно-алгоритмическое обеспечение информационных систем управления. – М.: Московский университет им. С.Ю. Витте, 2016. – 128 с.
12. Зорина Н.В., Забурдяев А.В. Информационно-аналитическая система организации конвейерной обработки данных для умного производства // Физико-техническая информатика (СРТ2023): Материалы Международной конференции, Пушкино, 16–19 мая 2023 года. – Нижний Новгород: Автономная некоммерческая организация в области информационных технологий «Научно-исследовательский центр физико-технической информатики», 2023. – С. 320–343.
13. Диковицкий В.В. Методы интеллектуальной обработки и представления информации в мультипредметных информационных системах промышленных предприятий // Труды СПИИРАН. 2015. № 5 (42). С. 56–76.
14. Замятина О.М. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. Моделирование сетей: учебное пособие для вузов. – М.: Издательство Юрайт, 2023. – 167 с.
15. Buryi A.S., Lomakin M.I., Sukhov A.V. Quality assessment of “Stress-Strength” models in the conditions of Big Data // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2020. No. 9 (3), pp. 3276–3281.
16. Ловцов Д.А. Обеспечение информационной безопасности в российских телематических сетях // Информационное право. 2012. № 4. С. 3–6.
17. Котенко И.В., Юсупов Р.М. Перспективные направления исследований в области компьютерной безопасности // Защита информации. Инсайд. 2006. № 2 (8). С. 46–57.
18. Липаев В.В. Тестирование крупных комплексов программ на соответствие требованиям // Бизнес-информатика. 2008. № 2 (4). С. 16–24.
19. Бурый А.С. Тестирование качества программного обеспечения в процессе его сертификации // Правовая информатика. 2019. № 1. С. 46–55.

# INFORMATION ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF COMPUTING SYSTEMS

**Sukhov A.V.**, professor, doctor of technical sciences, Russian Standardization Institute

**Terentyev E.O.**, PhD student of Russian Standardization Institute

*A comprehensive information assessment of the efficiency of computing systems based on the covering entropy is considered. Based on the methodological principles of the system approach and conceptual-logical modeling, an analytical study of computing systems, complexes and computer networks at the stage of coordination is proposed.*

*The aim of the article is to analyze hardware and software components, as well as mathematical and software necessary to optimize the functionality and efficiency of information technologies.*

*Scientific prognostics techniques are applied to identify integral properties of the components and evaluate their impact on system performance. The work provides a comprehensive view of computing system alignment, emphasizing the importance of the interaction between hardware and software elements, as well as the role of mathematical software in ensuring stable computing infrastructure performance.*

**Keywords:** covering entropy, computing system, hardware components, software, computer networks, component harmonization, mathematical support, information technology.

## References

1. Sukhov A.V. Dynamics of information flows in a control system of a complex technological system. *Journal of Computer and Systems Sciences International*, 2000, vol. 39, no. 4, pp. 592–600.
2. Sukhov A.V., Buryi A.S., Piskunov A.V. Innovacionnyj instrumentarij ispol'zovaniya entropii pokrytiya dlya informacionnogo analiza investicionnyh riskov predpriyatiya. *Transportnoe delo Rossii*, 2011, no. 10, pp. 107–109.
3. Sukhov A.V., Konyushev V.V. Identifikaciya singulyarnyh posledovatel'nostej priznakov anomal'nyh sobytij v informacionnom prostranstve. *Pravovaya informatika*, 2023, no. 2, pp. 26–33.
4. Semenov S.S. Ocenka kachestva i tekhnicheskogo urovnya slozhnyh sistem: Praktika primeneniya metoda ekspertnyh ocenok. Moscow: LENAND Publ., 2015, 352 p.
5. Alekhin V.A. Proektirovanie elektronnyh sistem s ispol'zovaniem SystemC i SystemC –AMS. *Rossijskij tekhnologicheskij zhurnal*, 2020, vol. 8, no. 4, pp. 79–95.
6. Grekova O.V., Grekov A.V. Energoeffektivnye vychisleniya i obespechenie otkazoustojchivosti sistem upravleniya. *Elektrotehnika, informacionnye tekhnologii, sistemy upravleniya*, 2013, no. 7, pp. 123–130.
7. Buryi A.S., Sakov A.A., Slepynceva L.I. Standartizaciya oblachnyh vychislenij, kak reguljator informacionnogo obshchestva. *Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizacii i tekhnicheskogo regulirovaniya*, 2016, no. 1 (29), p. 1.
8. Asratyan R.E. Modelirovanie raboty upravlyayushchih mnogomashinnyh kompleksov v sisteme virtual'nyh mashin. *Problemy upravleniya*, 2009, no. 3, pp. 69–75.
9. Sheluhin O.I., Erohin S.D., Polkovnikov M.V. Tekhnologii mashinnogo obucheniya v setevoj bezopasnosti. Moscow: Goryachaya liniya – Telekom Publ., 2021, 360 p.
10. Buryi A.S., Morin E.V. Model'no-algoritmicheskie struktury ocenki kachestva programmnyh izdelij. Moscow: Goryachaya liniya – Telekom Publ., 2019. 160 p.
11. Sukhov A.V., Zajcev M.A. Model'no-algoritmicheskoe obespechenie informacionnyh sistem upravleniya. Moscow: Moskovskij universitet im. S.Yu. Vitte, Publ., 2016, 128 p.
12. Zorina N.V., Zaburdyayev A.V. Informacionno-analiticheskaya sistema organizacii konvejernoj obrabotki dannyh dlya umnogo proizvodstva. *Fiziko-tekhnicheskaya informatika (CPT2023): Materialy Mezhdunarod-noj konferencii, Pushchino, 16–19 maya 2023 goda*. Nizhnij Novgorod: Avtonomnaya nekommercheskaya organizaciya v oblasti informacionnyh tekhnologij "Nauchno-issledovatel'skij centr fiziko-tekhnicheskoy informatiki", 2023, pp. 320–343.

13. Dikovickij V.V. Metody intellektual'noj obrabotki i predstavleniya informacii v mul'tipredmetnyh informacionnyh sistemah promyshlennyh predpriyatij. Trudy SPIIRAN, 2015, no. 5 (42), pp. 56–76.
14. Zamyatina O.M. Vychislitel'nye sistemy, seti i telekommunikacii. Modelirovanie setej: uchebnoe posobie dlya vuzov. Moscow: Izdatel'stvo Yurajt Publ., 2023, 167 p.
15. Buryi A.S., Lomakin M.I., Sukhov A.V. Quality assessment of “Stress-Strength” models in the conditions of Big Data. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, 2020, no. 9 (3), pp. 3276–3281. <https://doi.org/10.35940/ijitee.C8982.019320>
16. Lovtsov D.A. Obespechenie informacionnoj bezopasnosti v rossijskih telematiceskikh setyah. Informacionnoe parvo, 2012, no. 4, pp. 3–6.
17. Kotenko I.V., Yusupov R.M. Perspektivnye napravleniya issledovanij v oblasti komp'yuternoj bezopasnosti. Zashchita informacii. Insajd, 2006, no. 2 (8), pp. 46–57.
18. Lipaev V.V. Testirovanie krupnyh kompleksov programm na sootvetstvie trebovaniyam. Biznes-informatika, 2008, no. 2 (4), pp. 16–24.
19. Buryi A.S. Testirovanie kachestva programmogo obespecheniya v processe ego sertifikacii. Pravovaya informatika, 2019, no. 1, pp. 46–55.