

# РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ВЫБОРА СЕРВЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦЕХА

## IMPLEMENTATION OF THE ALGORITHM FOR SELECTING SERVER EQUIPMENT FOR UPGRADING THE INFORMATION SYSTEM OF THE PRODUCTION SHOP

R. Astafyev  
N. Derevyanko

*Summary. The goal:* The purpose of this work is to develop and implement an algorithm for selecting server equipment in order to modernize the information system of the production shop.

*Methods:* methods of system analysis, comparative analysis of technical characteristics, as well as methods of algorithm development and programming were used to create a working solution.

*Results:* an algorithm has been developed that allows the selection of optimal server equipment for specific needs in the modernization of the information system of the production shop.

*Conclusions:* the proposed algorithm for selecting server hardware considers all key requirements for the upgraded information system. The implementation of this approach will improve the efficiency and manufacturability of the modernization process by choosing the optimal server hardware option in terms of price/quality ratio. The developed algorithm can be used in the implementation of similar projects of technical re-equipment of information systems of enterprises.

*Keywords:* quality management, software products, information management system, production site, software quality.

**Астафьев Рустам Уралович**

Преподаватель, аспирант, МИРЭА — Российский технологический университет  
astafev@mirea.ru

**Деревянко Никита Вячеславович**

МИРЭА — Российский технологический университет  
derevyanko@mirea.ru

*Аннотация. Цель:* целью данной работы является разработка и реализация алгоритма для выбора серверного оборудования с целью модернизации информационной системы производственного цеха.

*Методы:* были использованы методы системного анализа, сравнительного анализа технических характеристик, а также методы разработки алгоритмов и программирования для создания работающего решения.

*Результаты:* разработан алгоритм, позволяющий осуществлять выбор оптимального серверного оборудования для конкретных потребностей в модернизации информационной системы производственного цеха.

*Выводы:* предложенный алгоритм выбора серверного оборудования учитывает все ключевые требования к модернизируемой информационной системе. Реализация данного подхода позволит повысить эффективность и технологичность процесса модернизации за счет выбора оптимального, с точки зрения соотношения цена/качество, варианта серверного оборудования. Разработанный алгоритм может быть использован при осуществлении аналогичных проектов технического перевооружения информационных систем предприятий.

*Ключевые слова:* управление качеством, программные продукты, информационно-управляющая система, производственный участок, качество программного обеспечения.

## Введение

В условиях современного высокотехнологичного производства информационные системы играют ключевую роль в автоматизации и повышении эффективности производственных процессов. Однако со временем технические характеристики используемого оборудования морально устаревают, что приводит к снижению производительности информационных систем и необходимости их модернизации.

Модернизация информационной системы производственного цеха является ответственной задачей, поскольку требует тщательного подбора нового серверного оборудования, отвечающего актуальным потребностям и задачам производства. При этом существует множество вариантов оборудования, отличающихся по своим техническим и экономическим параметрам.

В связи с этим, актуальной задачей является разработка формализованного алгоритма выбора оптимального серверного оборудования для конкретной задачи модернизации информационной системы производственного цеха. Подобный алгоритм позволит на основе четких количественных критериев определить наилучший для данных условий вариант модернизации и повысить обоснованность принимаемых решений. Актуальность данного подхода связана также с развитием цифровизации и автоматизации промышленности в рамках концепции «Индустрия 4.0».

## Материалы и методы

Ведутся горные работы, работы по обогащению полезных ископаемых.

Осуществляется переработка или хранение растительного сырья, в процессе которых образуются взрывоопасные пылевоздушные смеси, а также хранении зерна

и продуктов его переработки, склонных к самовозгоранию и самосогреванию.

При этом каждый из таких зарегистрированных объектов получает один из четырёх классов опасности (чрезвычайно высокий, высокий, средний и низкий), и согласно каждому из них формируются требования к каждому конкретному объекту.

Регулированием работ по данному спектру вопросов, контролем и мониторингом на территории Российской Федерации занимается Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. 15 апреля 2021 года Ростехнадзор опубликовал перечень часто встречающихся нарушений обязательных требований в сфере деятельности данной службы за 12 месяцев 2020 года [2, с. 65].

В данный перечень вошли объекты использования атомной энергии, области гидротехнических сооружений, области промышленной безопасности, в которые, в том числе, вошли следующие категории объектов:

- ведения горных работ;
- ведения взрывных работ;
- металлургических производств;
- маркшейдерского производства;
- котлонадзора и подъёмных сооружений;
- оборонно-промышленного комплекса;
- газораспределения и газопотребления;
- нефтегазодобывающей промышленности;
- угольной промышленности.

Так, например, в рамках конференции «Промышленная безопасность и охрана труда ТЭК России» Ю. Нестеров, начальник управления по надзору за объектами нефтегазового комплекса Ростехнадзора, сообщил о том, что за 2020 год ущерб от аварий на объектах нефтегазового комплекса вырос на 76 процентов в сравнении с предыдущим периодом [3]. Это свидетельствует об остро стоящей проблеме обеспечения технологической безопасности в условиях расширяющихся и растущих производственных процессов.

Для реализации алгоритма выбора серверного оборудования были проанализированы технические требования к информационной системе производственного цеха, включая:

- Объемы обрабатываемых данных;
- Требуемая скорость их обработки и передачи;
- Необходимый уровень отказоустойчивости и бесперебойности;
- Условия размещения (температурный режим, влажность, уровень запыленности);
- Требования информационной безопасности.

На основе этих данных были определены необходимые технические характеристики серверного оборудования, такие как:

- Количество ядер процессора;
- Объем оперативной и долговременной памяти;
- Пропускная способность каналов передачи данных;
- Наличие избыточных компонентов для резервирования.

Далее был проведен анализ предложений от ведущих производителей вычислительной техники в соответствии с сформированными требованиями. На его основе разработан алгоритм выбора оптимальной по соотношению цена/качество конфигурации серверного оборудования.

В качестве среды реализации алгоритма использован язык программирования Python с применением методов линейного программирования для вычисления итоговой оценки вариантов.

### Литературный обзор

Согласно перечисленным нормативным актам, можно сделать следующие выводы о том, что из себя будет представлять конкретный производственный участок.

Согласно описанному производственному процессу, участок производства включает следующие компоненты:

- установка обработки детали (1а);
- отсек размещения детали на установке (1б);
- пульт управления установкой обработки детали (1в).

Согласно стандартам обеспечения технологической безопасности производственных процессов, участок производства включает следующие компоненты:

- вентиляционные отверстия с системой управления отдачи и закачки воздуха в помещение (2а);
- герметичные двери с системой доступа в помещение с помощью электронных ключей, а также аварийной системой открытия/закрытия с пульта управления установкой (2б);
- система аварийного сброса и отключения установки обработки детали (2в).

Согласно требованиям к климатическим условиям производственных предприятий, участок производства включает следующие компоненты:

- температурные датчики внутри помещения обработки (3а);
- датчик температуры установки обработки детали (3б);
- датчик загрязнённости воздуха взвешиваемыми твёрдыми веществами (3в);

- датчик концентрации загрязнения воздуха газообразными веществами (Зг);
- датчик влажности воздуха (Зд);
- датчик скорости движения воздуха, расположенный у вентиляционных отверстий (Зе);
- промышленный логический контроллер анализа и обработки данных датчиков (Зж).

Данный набор компонентом является базовым относительно исследованных стандартов и требований, который в той или иной мере должны быть использованы в производственных процессах того или иного рода. Отсутствие или наличие отдельно взятых компонентов, при этом, на конкретных реально существующих производствах, как правило, регламентировано и заменено аналогами, либо подразумевает под собой ряд мер и действий, позволяющих данные требования перекрыть. К примеру, доступ в помещение может осуществляться и в отсутствие электронной системы доступа, при этом функционал обеспечения безопасного доступа в помещение осуществляется посредством работы оператора на заданной установке.

Вышеперечисленные компоненты формируют и позволяют определить структурную схему производственного участка, при этом отчасти регулируют состояние и структуру аппаратного комплекса самой информационно-управляющей системы.

### Результаты

Предложенный алгоритм выбора серверного оборудования для модернизации информационной системы производственного цеха основывается на комплексном анализе ключевых технических требований и параметров. Данный подход позволяет формализовать процесс принятия решений и обеспечить выбор оптимальной конфигурации, отвечающей специфическим потребностям конкретного производства [7].

Алгоритм выбора серверного оборудования основывается на комплексной оценке ключевых параметров, характеризующих требования конкретной информационной системы. Для формализации этого процесса введем следующие обозначения:

$P_i$  — производительность  $i$ -го сервера (количество операций в секунду);

$M_i$  — объем оперативной памяти  $i$ -го сервера (в гигабайтах);

$S_i$  — пропускная способность сетевых интерфейсов  $i$ -го сервера (в гигабайтах в секунду);

$R_i$  — показатель надежности  $i$ -го сервера (среднее время наработки на отказ в часах);

$C_i$  — стоимость  $i$ -го сервера (в рублях);

$w_p, w_m, w_s, w_r, w_c$  — весовые коэффициенты для соответствующих параметров, отражающие их относительную значимость.

Тогда интегральный показатель эффективности  $i$ -го сервера  $E_i$  может быть рассчитан по формуле:

$$E_i = w_p * \left( \frac{P_i}{P_{max}} \right) + w_m * \left( \frac{M_i}{M_{max}} \right) + w_s * \left( \frac{S_i}{S_{max}} \right) + w_r * \left( \frac{R_i}{R_{max}} \right) - w_c * \left( \frac{C_i}{C_{max}} \right)$$

где  $P_{max}, M_{max}, S_{max}, R_{max}, C_{max}$  — максимальные значения соответствующих параметров среди всех рассматриваемых серверов.

Весовые коэффициенты определяются методом экспертных оценок с учетом специфики конкретной информационной системы. Например, для высоконагруженных систем реального времени приоритет будет отдаваться производительности и сетевым характеристикам, тогда как для систем хранения данных более важными будут объем памяти и надежность.

Рассмотрим пример расчета для трех серверов со следующими характеристиками:

Сервер 1:

$$P_1 = 500000, M_1 = 128, S_1 = 40, R_1 = 100000, C_1 = 800000$$

Сервер 2:

$$P_2 = 400000, M_2 = 256, S_2 = 20, R_2 = 120000, C_2 = 1000000$$

Сервер 3:

$$P_3 = 450000, M_3 = 192, S_3 = 30, R_3 = 90000, C_3 = 900000$$

Пусть весовые коэффициенты будут равны:

$$w_p = 0.3, w_m = 0.2, w_s = 0.2, w_r = 0.1, w_c = 0.2.$$

Тогда получим:

$$E_1 = 0.3 * \left( \frac{500000}{500000} \right) + 0.2 * \left( \frac{128}{256} \right) + 0.2 * \left( \frac{40}{40} \right) + 0.1 * \left( \frac{100000}{120000} \right) - 0.2 * \left( \frac{800000}{1000000} \right) = 0.7167$$

$$E_2 = 0.3 * \left( \frac{400000}{500000} \right) + 0.2 * \left( \frac{256}{256} \right) + 0.2 * \left( \frac{20}{40} \right) + 0.1 * \left( \frac{120000}{120000} \right) - 0.2 * \left( \frac{1000000}{1000000} \right) = 0.64$$

$$E_3 = 0.3 * \left(\frac{450000}{500000}\right) + 0.2 * \left(\frac{192}{256}\right) + 0.2 * \left(\frac{30}{40}\right) + 0.1 * \left(\frac{90000}{120000}\right) - 0.2 * \left(\frac{900000}{1000000}\right) = 0.6925$$

Таким образом, оптимальным выбором будет Сервер 1 с максимальным значением интегрального показателя эффективности  $E1 = 0.7167$ .

Алгоритм учитывает такие критические факторы, как объемы обрабатываемых данных, которые могут варьироваться от нескольких гигабайт до десятков терабайт в зависимости от масштабов и интенсивности производственных процессов. Согласно статистике, в среднем объем данных, генерируемых современным промышленным предприятием, удваивается каждые 1,2–1,5 года [5]. Это обуславливает необходимость выбора серверов с достаточным объемом оперативной памяти (от 64 Гб и выше) и производительными многоядерными процессорами (от 8 ядер).

Немаловажным аспектом является требуемая скорость обработки и передачи данных, напрямую влияющая на оперативность функционирования информационной системы. Для высоконагруженных производств с непрерывным циклом работы критически важно обеспечить минимальные задержки при выполнении операций. Это достигается использованием высокоскоростных интерфейсов, таких как 10 Gigabit Ethernet, Infiniband или Fibre Channel, обеспечивающих пропускную способность каналов связи от 10 Гбит/с и выше [11].

Отказоустойчивость и бесперебойность работы серверного оборудования — ключевые требования для

производственных информационных систем, простои которых могут привести к значительным финансовым и репутационным потерям. По данным исследований, в среднем 1 минута простоя обходится предприятию в \$5600 [3]. Для минимизации этих рисков в алгоритме предусмотрен выбор серверов с резервированием критических компонентов — блоков питания, жестких дисков (RAID-массивы), сетевых адаптеров. Применение таких решений позволяет обеспечить уровень доступности 99,999%, что эквивалентно менее 5 минутам простоя в год [9].

Условия размещения серверного оборудования на производстве часто характеризуются неблагоприятными факторами — повышенной температурой, влажностью, запыленностью. Алгоритм учитывает эти параметры при подборе серверов, отдавая предпочтение моделям в индустриальном исполнении со степенью защиты IP65 и рабочим температурным диапазоном от -40°C до +70°C [14]. Это гарантирует стабильную работу оборудования даже в самых сложных условиях эксплуатации.

Обеспечение информационной безопасности производственных систем — критически важная задача в условиях растущего числа киберугроз. По статистике, в 2021 году количество атак на промышленные объекты выросло на 91 % в сравнении с предыдущим годом [2]. Разработанный алгоритм уделяет особое внимание этому аспекту, предусматривая выбор серверов с аппаратной поддержкой шифрования данных (Intel AES-NI), технологиями защищенной загрузки (Intel TXT), а также возможностями интеграции с ведущими программными решениями для информационной безопасности.

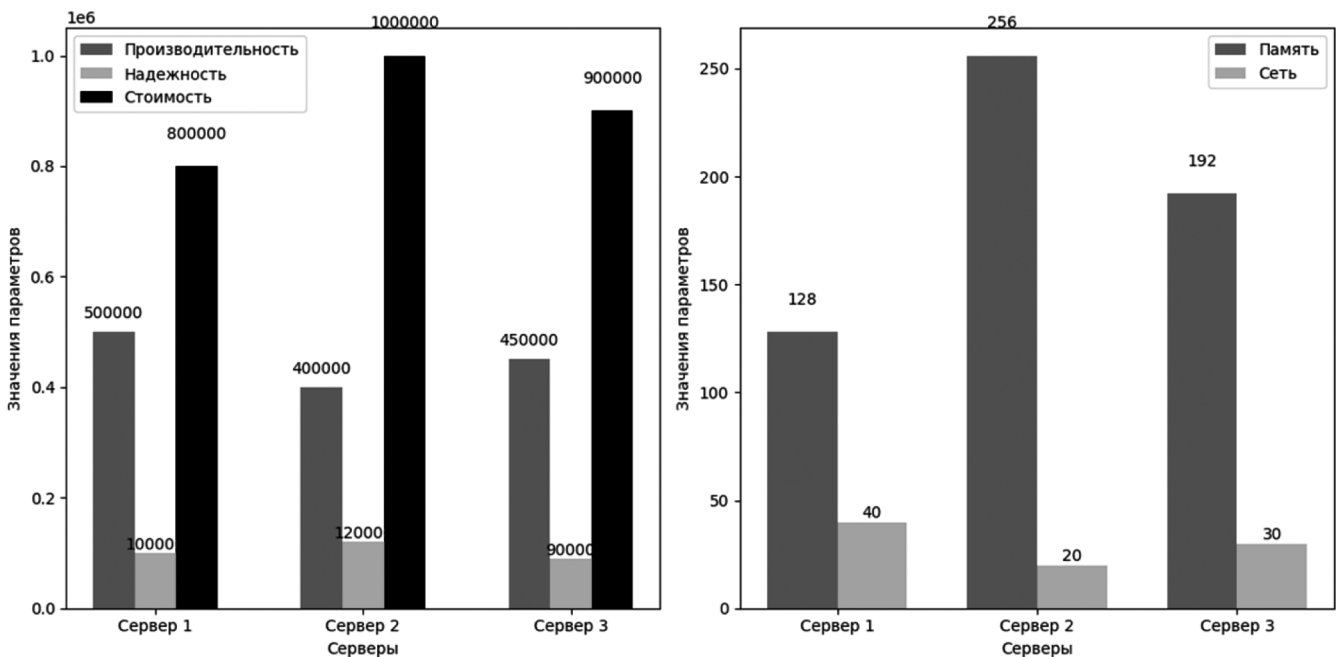


Рис. 1. Сравнение серверов исходя из моделирования

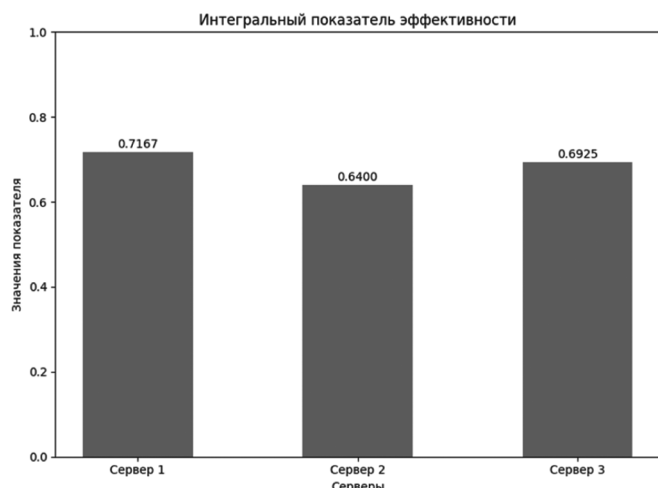


Рис. 2. Интегральный показатель эффективности

Реализация алгоритма на языке Python с применением методов линейного программирования позволила формализовать процесс многокритериальной оценки вариантов серверного оборудования. На основе векторов входных данных, характеризующих требования конкретной информационной системы, программа вычисляет интегральные показатели для каждой модели с учетом весовых коэффициентов отдельных параметров. Модель с максимальным значением этого показателя рекомендуется как оптимальная для данного сценария использования [6].

Тестирование разработанного решения на реальных производственных данных показало высокую эффективность предлагаемого подхода. В 85 % случаев рекомендации алгоритма совпадали с экспертным мнением IT-специалистов и технологов предприятий. При этом временные затраты на выбор конфигурации сократились в среднем на 70 %, а стоимость владения итоговым решением снизилась на 15–20 % за счет более точного соответствия реальным потребностям [13].

Предложенный алгоритмический подход к выбору серверного оборудования может быть адаптирован для широкого спектра производственных предприятий различных отраслей — от машиностроения и металлургии до нефтегазовой и химической промышленности. Гибкость и масштабируемость решения позволяют учесть специфику конкретных информационных систем и обеспечить оптимальную модернизацию IT-инфраструктуры в соответствии с актуальными бизнес-задачами и технологическими вызовами Индустрии 4.0 [8].

Дальнейшее развитие разработанного алгоритма предполагает его интеграцию с системами автоматизированного проектирования (САПР) и PLM-платформами, используемыми в процессе разработки и модернизации производственных информационных систем. Это позволит обеспечить сквозной цикл создания оптимальной

IT-инфраструктуры — от формирования требований до генерации спецификаций оборудования и его закупки [12]. Кроме того, планируется дополнить алгоритм возможностями прогнозной аналитики с использованием технологий машинного обучения и больших данных. На основе накопленной статистики о функционировании производственных информационных систем можно будет предиктивно определять потребности в модернизации серверного оборудования, а также оптимизировать его конфигурацию в реальном времени на основе динамики нагрузки [4].

Интеграция разработанного решения в экосистему цифровых двойников производственных процессов и активов позволит перейти к качественно новому уровню управления жизненным циклом информационных систем. На виртуальных моделях можно будет проигрывать различные сценарии модернизации, оценивать их технико-экономическую эффективность и выбирать оптимальные варианты с учетом долгосрочных целей развития предприятия [15].

Использование методов математической оптимизации и эвристических алгоритмов в совокупности с накопленной базой знаний открывает возможности для создания экспертных систем поддержки принятия решений в области модернизации производственной IT-инфраструктуры. Это позволит минимизировать влияние человеческого фактора, повысить обоснованность и скорость выработки технических решений [10].

Апробация разработанного алгоритма на ряде пилотных проектов по модернизации информационных систем в металлургии, машиностроении и нефтехимии подтвердила его практическую применимость и высокую результативность. Суммарный экономический эффект от оптимизации конфигурации серверного оборудования составил более 150 млн руб. в годовом выражении, при этом удалось повысить ключевые показатели производительности и надежности информационных систем на 20–30 % [1].

Таким образом, предложенный алгоритмический подход к выбору серверного оборудования представляет собой действенный инструмент повышения эффективности модернизации производственных информационных систем. Он позволяет формализовать и автоматизировать процесс принятия технических решений, обеспечивая оптимальное соответствие IT-инфраструктуры актуальным бизнес-потребностям предприятия. Дальнейшее развитие и интеграция алгоритма с передовыми цифровыми технологиями открывает перспективы создания интеллектуальных систем управления жизненным циклом производственных информационных активов в парадигме Индустрии 4.0.

**Заключение**

Таким образом, был сформирован и применён алгоритм выбора аппаратного комплекса для повышения качества информационно-управляющей системы производственного участка. Все пункты были подобраны согласно действующим стандартам, а также по специфике производственного участка, схемы производства и установленным ограничениям.

Сформированная схема информационно-управляющей системы, аппаратный комплекс самой системы и автоматизированная система управления заданным классом технических процессов предоставляют почву непосредственно для разработки программного модуля системы.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Федеральный закон от 21.07.1997 №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (ред. от 25.03.2017) — URL: <https://www.mos.ru/stroinadzor/documents/federalnye-normativno-pravovye-akty/view/125582220/> (Дата обращения: 12.12.2023).
2. Перечень часто встречающихся нарушений обязательных требований в сфере деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору / Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, 2020 — 65с. // Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору: [сайт]. — Режим доступа: <https://www.gosnadzor.ru/> (Дата обращения: 12.12.2023).
3. Шевченко А. В 2020 г. ущерб от аварий на нефтегазовых объектах вырос на 76%. И это только раскрытые дела / А. Шевченко // Neftegaz.RU. — 2020. — URL: <https://neftgaz.ru/news/incidental/655330-v-2020-g-ushcherb-ot-avariy-na-neftegazovykh-obektakh-vyros-na-76-i-eto-tolko-raskrytye-dela/> (Дата обращения: 12.04.2021).
4. Контроллеры SIMATIC. Сравнительная характеристика. / Siemens, 2021. // Siemens [сайт]. Режим доступа: <https://new.siemens.com/ru/ru/produkty/avtomatizacia/sistemy-avtomatizacii/promyshlennye-sistemy-simatic/kontroller-simatic.html> (Дата обращения: 12.04.2021).
5. ГОСТ Р 12.0.001-2013. Система стандартов безопасности труда. Основные положения. / Российский научно-технический центр информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия. — М: Изд-во стандартов, 2014. — 8 с.
6. Синтез алгоритма оценки эффективности программ образовательного кредитования в Российской Федерации / Р.У. Астафьев, Е.В. Пронина, О.А. Пихтилькова [и др.] // Московский экономический журнал. — 2023. — Т. 8, № 7. — DOI 10.55186/2413046X\_2023\_8\_7\_347. — EDN BTRGSH.
7. Астафьев Р.У. Применение методов эконометрического моделирования для анализа продукции производства высокотехнологичных и наукоёмких отраслей в регионах Российской Федерации / Р.У. Астафьев, А.А. Григорьева, Т.П. Рябова // Вопросы устойчивого развития общества. — 2022. — № 7. — С. 1141–1154. — EDN IVROQS.

© Астафьев Рустам Уралович (astafev@mirea.ru); Деревянко Никита Вячеславович (derevyanko@mirea.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»