

Научная статья

Статья в открытом доступе

УДК 681.3.067

doi: 10.30987/2658-6436-2022-4-12-17

## ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

**Олег Николаевич Губернаторов**

Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова,

г. Санкт-Петербург, Россия

ovel82@mail.ru

**Аннотация.** Цель исследования показать необходимость решения задачи оценки показателей качества технических средств автоматизированных систем. Показать, что проблема качества работы технических средств систем тесно переплетается с решением проблемы выбора рациональных технологий обработки информации в системе. Задача, решению которой посвящена статья, состоит в расчете основных показателей качества функционирования технических средств автоматизированных систем, к которым относятся время выполнения задач системы, точность выходной информации и реализуемость системы. Методы исследования статистический анализ качества функционирования технических средств автоматизированных систем с использованием методов теории вероятностей и параллельной обработки информации. Новизна работы применение методов параллельной обработки информации при расчете основных показателей качества функционирования технических средств автоматизированных систем управления. Результаты исследования – разработана методика оценки качества технических средств автоматизированных систем, а именно время выполнения задач системы, точность выходной информации и реализуемость системы. Приведенные в статье методики расчета основных показателей качества функционирования технических средств автоматизированных систем позволяют повысить эффективность автоматизированных систем управления за счет повышения достоверности и точности обработки информации.

**Ключевые слова:** автоматизированная система, информационное обеспечение, информация, показатель качества, функционирование, эффективность, технические средства

**Для цитирования:** Губернаторов О.Н. Оценка показателей качества технических средств автоматизированных систем управления // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. 2022. №4 (18). С. 12-17. doi: 10.30987/2658-6436-2022-4-12-17

Original article

Open Access Article

## ASSESSING THE QUALITY INDICATORS OF AUTOMATED CONTROL SYSTEM FACILITIES

**Oleg N. Gubernatorov**

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Saint Petersburg, Russia

ovel82@mail.ru

**Abstract.** The aim of the study is to show the necessity to solve the problem of assessing the quality indicators of the automated systems facilities; to demonstrate that the work quality problem of system facilities is closely connected with choosing rational technologies for processing information in the system. The article is devoted to calculating the main quality indicators of operating the automated system facilities, which include the time to complete the system tasks, the output information accuracy and the system feasibility. Research methods are statistical analysis of the operating quality of the automated system facilities using the methods of probability theory and parallel data processing. The novelty of the work is using methods of parallel data processing in calculating the main quality indicators of operating the automated control system facilities. The study results in developing a methodology for assessing the quality of the automated system facilities, namely the time to complete the system tasks, the output information accuracy and the system feasibility. The article concludes that the methods given in the article for calculating the main quality indicators of operating the automated system facilities make it possible to increase the efficiency of automated control systems by boosting the reliability and accuracy of information processing.

**Keywords:** automated system, information support, information, quality indicator, operating, efficiency, facilities

**For citation:** Gubernatorov O.N. Assessing the quality indicators of automated control system facilities. Automation and modeling in design and management, 2022, no. 4 (18). pp. 12-17. doi: 10.30987/2658-6436-2022-4-12-17.

## Введение

Выбор технических средств тесно переплетается с решением проблемы определения параметров качества работы [1 – 3]. Процесс преобразования информации в автоматизированных информационных системах складывается из процессов ее переработки на участках. Различные участки обработки информации связываются в единый цикл схемой технологического процесса и окончательное суждение о необходимых технических средствах можно получить лишь при комплексном анализе всего процесса [4 – 6].

Для правильной постановки задачи необходимо предварительно определить основные показатели качества работы автоматизированных информационных систем, которые в дальнейшем будем подвергать количественным и качественным оценкам.

## Материалы, модели, эксперименты и методы

Основными показателями качества работы технических средств в автоматизированной системе являются [7 – 10]: время выполнения задач системы, точность выходной информации и реализуемость системы. Особенностью информации, является ее дискретный характер. Можно говорить о порционности информации, причем под порцией информации понимают совокупность сведений, зафиксированных на определенном носителе, одновременно поступающих на участок и обрабатываемых на нем. При переходе от участка к участку понятие порции информации может изменяться. При прохождении информации через информационную систему можно выделить время пребывания рассматриваемой порции на различных участках.

## Результаты

**Время выполнения задач системы.** Время пребывания различных порций информации на каждом участке в общем случае складывается из времени ожидания начала обработки  $w$ , времени собственно обработки  $b$  и времени задержки после обработки  $f$ .

При решении задачи в информационных системах должна быть обработана информация на одном или нескольких участках,  $i$  – индекс конкретного участка. Обозначим через  $L$  множество участков обработки информации, а через  $L_k$  подмножество этих участков, на которых обрабатывается информация при решении  $k$ -й задачи. Тогда полное время решения задачи получим из выражения:

$$z_k = \sum_{i \in L_k} \# z_{i,k} = \sum_{i \in L_k} \#(w_{i,k} + b_{i,k} + f_{i,k}) \quad (1)$$

где знак «#» в символе « $\sum$ » означает, что при суммировании необходимо учитывать возможность параллельной обработки информации на различных участках [11 – 13].

Выражение (1) дает общий вид времени решения задачи (пребывания порции информации) в информационных системах. Применительно к конкретным заданным порциям информации некоторые члены в этом выражении могут отсутствовать.

Естественно, при выборе технических средств потребовать, чтобы для каждой задачи выполнялось условие:

$$z_k \leq T_k^0, \quad k = \overline{1, K}, \quad (2)$$

где  $T_k^0$  – заданная постоянная величина;  $K$  – количество различных типов задач.

Величины, входящие в выражение (1), имеют, как правило, случайный характер. Поэтому выражение (2) будем понимать либо как ограничение на математические ожидания соответствующих случайных величин:

$$M(z_k) \leq T_k^0, \quad k = \overline{1, K},$$

либо как вероятностное ограничение с некоторым наперед заданным уровнем достоверности  $P_0$  (может быть различным для различных порций информации) [14 – 17]

**Точность исходящей информации.** Аппаратуре, используемой в информационных системах, свойственно искажать информацию.

Обозначим через  $\delta_r, r = \overline{1, R}$ , погрешность в  $r$ -м документе, выходящем из рассматриваемой системы ( $R$  – общее число выходных документов). Величина  $\delta_r$  включает погрешности, вносимые различными факторами

$$\delta_r = \varphi(\delta_r^F, r = \overline{1, 5}) \quad (3)$$

где  $\delta_r^F$  – погрешность, появляющаяся в рассматриваемом документе под влиянием  $F$ -го фактора.

При выборе технических средств необходимо, чтобы для выходного документа выполнялись условия:

$$\delta_r \leq \delta_r^0, \quad r = \overline{1, R}, \quad (4)$$

где  $\delta_r^0$  – заданная для каждого документа постоянная величина, а  $\delta_r$  находим из (3).

Величины  $\delta_r$  и  $\delta_r^F$ , как правило, имеют случайный характер. Поэтому выражение (4) будем понимать либо как ограничения на математические ожидания величин ошибок в соответствующих выходных документах:

$$M(\delta_r) \leq \delta_r^0, \quad r = \overline{1, R},$$

либо как вероятностные ограничения с некоторым наперед заданным уровнем достоверности  $P^0$  (может быть различным для различных выходных документов):

$$P\{\delta_r \leq \delta_r^0\} \geq P^0, \quad r = \overline{1, R},$$

Для упрощения, в дальнейшем индекс документа  $r$  будем связывать с индексом  $k$  задачи, в результате выполнения которой он получается.

**Реализуемость системы.** Необходимость практической реализации системы, для которой выбираются технические средства, накладывает некоторые ограничения [17 – 20].

Прежде всего для обеспечения реализуемости технические средства следует выбирать из имеющихся (в настоящий момент или к сроку внедрения системы) типов аппаратуры. Разрабатывать технические средства для проектируемой системы можно в исключительных случаях, т.к. обычно экономичнее использовать серийно выпускаемую аппаратуру. Поэтому при выборе технических средств естественно ориентироваться на параметры аппаратуры, которые можно найти в каталогах, проспектах или использовать паспортные данные.

Если автоматизируемый объект уже оборудован какими-либо видами технических средств, то необходима оценка целесообразности их дальнейшего использования.

При неравномерной загрузке оборудования для обеспечения реализуемости необходимо учесть в расчетах тип и количество соответствующих технических средств, находящихся у организаций, где они могут быть арендованы в момент пиковой нагрузки.

Некоторые ограничения, накладываемые реализуемостью, обусловлены спецификой работы отдельных функциональных групп технических средств информационных систем. Так, когда процесс ввода информации в систему связан со значительными простоями в очереди, необходимость практической реализуемости системы накладывает дополнительные ограничения на время пребывания рассматриваемой порции на участке сбора информации:

$$M(t_{1,k}) \leq t_1^0$$

где  $t_1^0$  – заданная постоянная величина или:

$$P\{t_{1,k} \leq t_1^0\} \geq P^0$$

где  $P^0$  – соответствующий уровень достоверности.

Ряд участков передачи информации работает в режиме отказов: если в момент поступления запроса на передачу порции все аппараты заняты приемом других порций информации или находятся в нерабочем состоянии, запрос получает отказ. Для передачи рассматриваемой порции этот запрос должен быть повторен. На таких участках обычно накладывают дополнительное ограничение на вероятность отказа:

$$P_{отк} \leq P_{отк}^0$$

где  $P_{отк}^0$  – заданная постоянная величина.

На участке обработки информации появляются ограничения, вызванные необходимостью расположения информации в запоминающих устройствах определенного типа.

На оперативную память вычислительных систем обычно накладываются ограничения вида:

$$\sup_{\tau \in T} \sum_{k \in M(\tau)} W_k^1(\tau) \leq W^{(1)0} n_w^{(1)},$$

где  $W_k^1(\tau)$  – объем оперативной памяти для обработки  $k$ -й порции информации в момент  $\tau$ ;  $W^{(1)0}$  – объем одного устройства оперативной памяти;  $n_w^{(1)}$  – максимально возможное количество параллельно работающих устройств оперативной памяти.

Суммирование производится по множеству  $M(\tau)$  порций информации, которые в  $\tau$ -й момент времени обрабатываются одновременно (множество  $M(\tau)$  – функция от  $\tau$  – времени), а максимум берется по всему рассматриваемому отрезку времени  $T$  решения задач системы.

Аналогичные ограничения могут быть наложены на объемы внешних запоминающих устройств с непосредственной выборкой:

$$\sup_{\tau \in T} \sum_{k \in M(\tau)} W_k^1(\tau) \leq W^{(1)0} n_w^{(q)}, \quad q = \overline{2, Q},$$

где  $q$  – индекс типа запоминающего устройства;  $Q$  – число различных типов внешних запоминающих устройств с непосредственной выборкой;  $n_w^{(q)}$  – максимальное число устройств  $q$ -го типа, которое можно использовать в момент времени  $\tau$  причем на  $n_w^{(q)}$ ,  $q = \overline{2, Q}$ , вычислительной машиной могут накладываться дополнительные ограничения, например,

$$\sum_{q=2}^Q n_w^{(q)} \leq N_w^{6H},$$

где  $N_w^{6H}$  – максимально возможное число внешних запоминающих устройств (величина  $N_w^{6H}$  может изменяться в зависимости от используемого набора внешних запоминающих устройств, устройств управления и коммутации).

Устройства с последовательной выборкой обладают той особенностью, что, когда объем устройства не позволяет одновременно разместить всю необходимую порцию информации (массив), в устройство обработки вводят часть информации, достаточную для работы в первую очередь. Остальная информация может быть введена в это устройство в момент, когда ранее введенная часть информации уже обработана. Поэтому при использовании устройств с последовательной выборкой реализуемость системы накладывает ограничения на количество используемых устройств:

$$\sup_{\tau \in T} \sum_{k \in M(\tau)} m_k^{(g)}(\tau) \leq M^{(g)}, \quad g = \overline{1, G},$$

где  $m_k^{(g)}(\tau)$  – число массивов  $g$ -го типа, используемых при обработке  $k$ -й порции информации в момент  $\tau$ ;  $g$  – тип машинного носителя, используемого в рассматриваемом массиве;  $G$  – число различных типов внешних устройств;  $M^{(g)}$  – максимальное число устройств  $g$ -го типа, которое может быть использовано в системе.

Возможно дополнительное ограничение:

$$\sum_{q=1}^G M^{(q)} \leq M_G,$$

где  $M_G$  – общее число внешних запоминающих устройств с последовательной выборкой, которое подсоединяется к вычислительной системе (может быть различным в зависимости от набора типов используемых внешних устройств).

### Заключение

Существующие методы, как правило, сводятся к выбору технических средств отдельных подсистем автоматизированных систем. Разработка методов выбора технических средств автоматизированных систем, которые бы связывали воедино выбор технических средств различных функциональных групп, должна быть направлена на повышение качества функционирования автоматизированных систем.

Можно сделать следующие выводы. При оценке качества функционирования техниче-

ских средств автоматизированных систем необходимо учитывать все приведенные в исследовании показатели качества. Доказана необходимость оценки показателей для оценки качества функционирования технических средств автоматизированных систем с целью повышения точности и достоверности. Приведена методика оценки и расчета показателей качества работы технических средств автоматизированных систем, таких как время выполнения задач системы, точность выходной информации и реализуемость системы.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Пантелеев В. И., Поддубных Л. Ф. Многоцелевая оптимизация и автоматизированное проектирование управления качеством электроснабжения в электроэнергетических системах: монография. Красноярск: Изд-во Сиб. федер. ун-та, 2009. 194 с.
2. Сердцева А. В. Развитие автоматизированных систем управления технологическими процессами // Вестник УлГТУ. 2016. № 3(75). С. 58 – 61.
3. Автоматическое регулирование и управление [Электронный ресурс] // Энциклопедия электрика. URL: <https://ofoevna.ru/regulirovanie-po-razomknutomu-izamknutomu-ciklam-v-sistemah-upravlenia-iavtomatiki>
4. Автоматизированная система управления технологическими процессами Волховской ГЭС [Электронный ресурс] // ИСУП. 2009. № 2(22). URL: <https://isup.ru/articles/2/326>
5. АСУ ТП подстанции [Электронный ресурс] // ЭНПРО. 2011. URL: <https://www.en-pro.ru/blog/resheniya-i-tehnologii/asu-tp-podstantsii/>
6. Управление электроснабжением [Электронный ресурс] // Сумма Технологий. URL: <https://summatechnology.ru/solutions/EnMS/upravlenie-elektrosnabzheniem>
7. Голоскоков К.П. Прогнозирование и оценка технического состояния сложных систем//Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2008. № 1 (53). С. 164-168.
8. Брусакова И.А., Власов М.П., Голоскоков К.П. Информационные технологии в научных исследованиях высшей школы//монография / Санкт-Петербург, 2012. 160 с.
9. Голоскоков К.П. Автоматизированная система испытаний в структуре системы управления качеством// Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2008. № 6 (69). С. 116-120.
10. Голоскоков К.П., Нестеренко Н.К., Чиркова М.Ю. Повышение эффективности деятельности производственного предприятия// Аудит и финансовый анализ. 2014. № 1. С. 331-335.
11. Брусакова И.А., Голоскоков К.П. Математическая модель функциональной надежности автоматизированных систем управления//Вестник ИНЖЭКОНа. Серия: Технические науки. 2010. № 8. С. 48-51.
12. Голоскоков К. П. Формирование информационной базы для прогнозирования качества продукции/ К. П. Голоскоков//Иновации. -2009. -№ S1. -С. 91-94. EDN: MJDBCR
13. Голоскоков К.П. Прогнозирование технического состояния изделий судовой электронной техники. ООО «ПаркКом», Санкт-Петербург, 2007. 148 с. EDN: QNUQZJ
14. Нырклов А.П. Обеспечение безопасности объектов информатизации транспортной отрасли/под ред. А. П. Ныркова./А. П. Нырклов, А. А. Нырклов, С. С. Соколов, А. А. Шнуренко//СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. -544 с. EDN: UDJITF

## References:

1. Panteleev V.I., Poddubnykh L.F. Multi-purpose Optimization and Automated Design of Power Supply Quality Management in Electric Power Systems. Krasnoyarsk: Siberian Federal University; 2009.
2. Serdseva A.V. Development of Automated Control Systems for Technological Processes. Bulletin of Ulyanovsk State Technical University. 2016;3(75):58 - 61.
3. Automatic Regulation and Control. In: Encyclopedia of Electrician [Internet]. Available from: <https://ofoevna.ru/regulirovanie-po-razomknutomu-izamknutomu-ciklam-v-sistemah-upravlenia-iavtomatiki>
4. Automated Control System of Technological Processes of the Volkhovskaya Hydro-Electric Power Station. Computerization and Management Systems in Industry. 2009;2(22). Available from: <https://isup.ru/articles/2/326>
5. ACS of Technological Processes of the Substation. ENPRO. 2011. Available from: <https://www.en-pro.ru/blog/resheniya-i-tehnologii/asu-tp-podstantsii/>
6. Power Supply Management. Sum of Technologies [Internet]. Available from: <https://summatechnology.ru/solutions/EnMS/upravlenie-elektrosnabzheniem>
7. Goloskokov K.P. Forecasting and Evaluating the Technical State of Complex Systems. St. Petersburg State Polytechnical University Journal. 2008;1(53):164-168.
8. Brusakova I.A., Vlasov M.P., Goloskokov K.P. Information Technologies in Scientific Research of Higher Education. Saint Petersburg; 2012.
9. Goloskokov K.P. Automated Test System as Part of the Quality Control System. St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Computing, Telecommunications and Control. 2008;6(69):116-120.
10. Goloskokov K.P., Nesterenko N.K., Chirkova M.Yu. Improving Efficiency of a Manufacturing Enterprise. Audit and Financial Analysis. 2014;1:331-335.
11. Brusakova I.A., Goloskokov K.P. Mathematical Model of Functional Reliability of Automated Control Systems. Bulletin of INGECON. Series: Technical Sciences. 2010;8:48-51.
12. Goloskokov K.P. Formation of Information Base for Predicting Product Quality. Innovations. 2009;1:91-94.
13. Goloskokov K.P. Forecasting Technical Condition of Products of Marine Electronics. Saint Petersburg: ParkKom; 2007.
14. Nyrkov A.P., Nyrkov A.A., Sokolov S. S. Ensuring the Object Safety of the Transport Industry Informatization. St. Petersburg: Publishing house of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University; 2015.

15. Ныркoв А.П., Соколов С.С., Башмаков А.В. Методика проектирования безопасных информационных систем на транспорте//Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. -2010. -№ 3. - С. 58-61. EDN: NCCGKL
16. Люльченко А.Н. Модель системы обеспечения информационной безопасности на транспорте/А. Н. Люльченко, А. П. Ныркoв, В. Г. Швед//Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, № 5 (33), 2015. - С. 184 -193. EDN: ULWVHN
17. Буторов В. В. Оценка надежности клиент-серверных приложений корпоративной системы управления предприятием / В. В. Буторов, С. В. Тынченко, Р. Ю. Царев // Фундаментальные исследования. - 2015. - № 5-3. - С. 488-492. EDN: UACJQR
18. Кузнецов А. С. Многоэтапный анализ архитектурной надежности и синтез отказоустойчивого программного обеспечения сложных систем: монография / А. С. Кузнецов, С. В. Ченцов, Р. Ю. Царев. - Красноярск: Изд-во Сибирского федерального ун-та, 2013. -143 с. EDN: RLSJZT
19. Любичин В. Н. Необходимость разработки надежного программного обеспечения как вызов современности / В. Н. Любичин // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. - 2012. - № 23. - С. 26-29. EDN: NNYJSO
20. Царев Р. Ю. Модель анализа надежности распределенных вычислительных систем / Р. Ю. Царев, А. Н. Пупков, М. А. Огнерубова [и др.] // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. Академика М. Ф. Решетнева. - 2013. - № 1 (47). - С. 86-91. EDN: QISQCS
15. Nyrkov A.P., Sokolov S.S., Bashmakov A.V. Methodology for Designing Secure Information Systems in Transport. Information Security Problems. Computer Systems. 2010;3:58-61.
16. Lyulchenko A.N., Nyrkov A.P., Shved V.G. Model of the System for Ensuring Information Security in Transport. Vestnik gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova. 2015;5(33):184-193.
17. Butorov V.V., Tynchenko S.V., Tsarev R.Yu. Estimation of the Reliability of Client-Server Applications for a Corporate Enterprise Management System. Fundamental Research. 2015;5-3:488-492.
18. Kuznetsov A.S., Chentsov S.V., Tsarev R.Yu. Multi-Stage Analysis of Architectural Reliability and Synthesis of Fault-Tolerant Software for Complex Systems. Krasnoyarsk: Siberian Federal University; 2013.
19. Lyubitsyn V.N. The Necessity of Reliable Software Development as a Challenge of Modern Age. Bulletin of the South Ural State University. Series: Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics. 2012;23:26-29.
20. Tsarev R.Yu., Pupkov A.N. Ognerubova M.A. Model of Analysis of Distributed Computing Systems. Reliability. Vestnik of Reshetnev Siberian State University of Science and Technology. 2013;1(47):86-91.

#### Информация об авторах:

**Олег Николаевич Губернаторов**  
аспирант ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова», г. Санкт-Петербург, Россия.

#### Information about authors:

**Oleg Nikolaevich Gubernatorov**  
post-graduate student of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping», Saint Petersburg, Russia.

**Статья поступила в редакцию 14.07.2022; одобрена после рецензирования 29.07.2022; принята к публикации 01.09.2022.**

**The article was submitted 14.07.2022; approved after reviewing 29.07.2022; accepted for publication 01.09.2022.**

**Рецензент** – Малаханов А.А., кандидат технических наук, доцент, Брянский государственный технический университет.

**Reviewer** – Malakhanov A.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Bryansk State Technical University.