

С.М. Звиглянич, М.П. Ізюмський, М.Ф. Линник

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ПІДХІД ДО ОЦІНКИ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПУНКТІВ УПРАВЛІННЯ

Метою статті є обґрунтування підходу до оцінки якості функціонування пунктів управління, які виступають як предмет дослідження. Дається оцінка якості інформаційної складової на основі оцінки якості рішень, що приймаються бойовими розрахунками, з урахуванням ризиків, які пов'язані з неповнотою вихідних даних. Запропоновано підхід до оцінки технічного стану апаратної компоненти пункту управління як складової частини автоматизованої системи управління на основі такого показника, як потенціал пункту управління. Він дозволяє оцінити технічний стан апаратної компоненти як пункту управління, так і автоматизованої системи управління в цілому. Приведені розрахунки спираються на методи дослідження операцій. Отримані результати представляють підходи до оцінки якості функціонування пунктів управління військами на основі введених кількісних показників.

Ключові слова: пункт управління, якість, система управління, ентропія, потенціал пункту управління.

Вступ

Постановка проблеми. На сучасному етапі відбувається новий якісний стрибок в області управління військами (зброєю). Незрівнянно зріс вплив чинника часу на характер діяльності командира, штабу, значно збільшився обсяг їх робіт. При цьому, разом з вимогою значного скорочення тривалості циклу управління військами, підвищуються вимоги до якості рішень на застосування зброї, що приймаються. Одним з шляхів вироблення раціональних рішень є автоматизація процесів управління військами шляхом розробки і широкого впровадження систем підтримки ухвалення рішень, складовою частиною яких є ряд інформаційних, інформаційно-розрахункових задач. Якість рішення заданого набору задач багато в чому визначається повнотою отриманих початкових даних. В даному випадку оцінка впливу повноти початкових даних на роботу пункту управління стає актуальним завданням. Разом з цим, актуальною є і оцінка впливу технічного стану агрегатів і систем пункту управління на ефективність його роботи. Тобто, взагалі впровадження поєднаних показників, які характеризують стан програмної і апаратної компоненти, дозволять оперативню оцінювати можливості пунктів управління на даний час.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нині особлива увага приділяється розвитку систем управління військового призначення, розглядаючи їх в якості ключового моменту в досягненні воєнно-стратегічної переваги [1]. При цьому проблема оцінки якості функціонування пунктів управління набуває все більшу актуальність у зв'язку з підвищенням їх ролі в процесі ухвалення рішень при управлінні військами (зброєю). Це пов'язано зі збільшенням обсягів оброблюваної інформації і скороченням часу на ухвалення рішення [2–3]. Треба відзначити тенденцію подальшої інтеграції автоматизованих систем управління військами з автоматизованими

системами управління бойовими засобами в єдину інформаційну систему [4]. Успішне вогневе ураження противника в збройному конфлікті можливе лише при умові отримання своєчасно і в повному обсязі інформації про об'єкти ураження [5–6].

Завдання аналізу і синтезу засобів обробки інформації, розглянуті в [7], в основному освітлюють проблему ефективного використання каналів зв'язку, застосування оптимізаційних алгоритмів маршрутизації.

Також в [7] при розгляді питання кількісної оцінки можливостей системи управління використовуються чисельні показники, що відображають, як правило, поточний стан мережі і її каналів зв'язку.

Такі оцінки не дають уявлення про стан системи управління в цілому, і, найголовніше, не відповідають на питання про зміну якості функціонування при виходах з ладу каналів зв'язку мережі.

На сьогодні залишається актуальним питання вибору узагальнених показників оцінки якості функціонування систем управління. Ці показники повинні дозволяти оцінювати поточний стан пунктів управління, а також визначати той критичний рівень зниження якості їх функціонування, при якому система стає неприцездатною [8].

Метою статті є обґрунтування узагальнених показників якості функціонування пунктів управління, з урахуванням якості рішень, що приймаються бойовими розрахунками, а також технічного стану апаратури як пунктів управління, так і мережі автоматизованої системи управління в цілому.

Основний матеріал

Зосередимо свою увагу на інформаційній компоненті системи підтримки рішень пункту управління (ПУ). Нехай ухвалення рішення на застосування зброї (формування бойового наказу) ґрунтується на рішенні деякої кількості розрахункових та

інформаційно-розрахункових задач. Інформація, як початкові дані, для задач, що вирішуються, поступає від цілком певних зовнішніх джерел (засоби розвідки, донесення підпорядкованих підрозділів, частин і тому подібне).

Оцінимо якість функціонування ПУ через якість рішень, що приймаються бойовим розрахунком. У основі кожного рішення лежить процес виконання ряду задач. Якість і обґрунтованість цих рішень повною мірою залежить від результатів рішення даних задач. Коректність рішення конкретної задачі визначається коректністю використання початкових даних, яку можна трактувати як своєчасність їх отримання.

Розглянемо початкову матрицю A_n (рис. 1). Ця матриця зв'язує джерела інформації U_i ($i=1...n$) і задачі Z_j ($j=1...m$). В матриці стовпці U відповідають джерелам інформації, а рядки Z – це вирішувані на ПУ задачі. Елементи матриці показують наявність необхідних початкових даних від цього джерела для вирішення заданої задачі.

Задача \ Джерело	U_1	U_2	...	U_n
Z_1	a_{11}	a_{12}		a_{1n}
Z_2	a_{21}	a_{22}		a_{2n}
...				
Z_m	a_{m1}	a_{m2}		a_{mn}

Рис. 1. Початкова матриця

Елементи a_{ij} приймають значення 1, якщо дані, які використовуються при вирішенні вибраної задачі (визначається рядком матриці), в наявності. Інакше a_{ij} приймає значення 0.

Представимо рішення, що приймається, у вигляді кортежу задач :

$$R = \langle z_1, z_k, \dots, z_m \rangle, \quad (1)$$

де z_1, z_k, \dots, z_m – відповідні задачі з матриці на рис. 1.

Для рішення не усі задачі рівнозначні. Оцінимо їх значення в рішенні, що приймається, за допомогою рангової шкали, що представлена у вигляді табл. 1.

Введемо для рішення, що приймається, показник, що відображає повноту рішення як:

$$F_R = f_{z_1} + f_{z_k} + \dots + f_{z_m}. \quad (2)$$

В процесі функціонування ПУ на момент прийняття бойовим розрахунком рішення R , як правило, не від усіх джерел U поступає необхідна інформація. Врахуємо це шляхом введення в розгляд поточної матриці A_z , розмірність якої збігається з розмірністю матриці A_n . Елементи цієї матриці (A_z) a_{ij} набувають значення "1", якщо необхідні початкові дані поступили, і "0" інакше. Виконаємо операцію перетину над матрицями A_n і A_z :

$$A_z = A_n \cap A_z. \quad (3)$$

Таблиця 1

Рангова шкала

Міра важливості f	Визначення	Пояснення
1	Однакова значущість, немає переваги над іншими задачами	Дає однаковий внесок у досягнення мети
3	Деяке перевага значущості над іншими задачами	Дається легка перевага в порівнянні з іншими задачами
5	Істотна або сильна значущість задачі	Дається сильна перевага в порівнянні з іншими задачами
7	Дуже сильна або очевидна значущість задачі	Дуже сильна перевага в порівнянні з іншими задачами
9	Абсолютна значущість задачі	Абсолютна перевага в порівнянні з іншими задачами
2,4,6,8	Проміжні значення між сусідніми значеннями шкали	Приймається компромісне рішення

Тоді рядки матриці A_z саме ті задачі, початкові дані яких повністю відповідають теперішньому моменту. Тепер розглянемо рішення R , що приймається, з точки зору його поточної повноти:

$$F_R^* = F_o + F_s, \quad (4)$$

де F_o – оцінка задач рішення R , які відповідають рядкам матриці A_z , їх оцінка відповідатиме значенням з формули (2); F_s – оцінка задач, початкові дані для яких не оновлювалися.

Для задач, початкові дані яких не оновлювалися, оцінка важливості (табл. 1) повинна враховувати міру оновлення необхідних початкових даних. Для цього введемо коефіцієнт оновлення :

$$k_z = \frac{d_o}{ID}, \quad (5)$$

де d_o – кількість початкових даних, які були оновлені; ID – кількість необхідних початкових даних для вирішення цієї задачі.

Тоді в загальному вигляді представимо оцінку рішення R , що приймається, з урахуванням поточного надходження початкових даних від певних джерел U як:

$$F_R^* = \sum_z f_{(A_z)} + \sum_z f_{(A_z)} k_z, \quad (6)$$

де перший доданок – сума важливості задач рішення, що входять в рядки матриці A_z , а другий доданок – сума важливості задач, для яких були отримані не усі початкові дані з урахуванням коефіцієнта оновлення (5).

Оцінка рішення за формулою (2) відповідає ідеальному випадку, коли усі необхідні початкові дані поступили. Оцінимо якість рішення, що приймається, через відносну різницю оцінок за формулами (2) і (6), як ризик при ухваленні рішення:

$$Z_R = \frac{F_R - F_R^*}{F_R} \quad (7)$$

Цей показник Z_R кількісно відображає якість рішення, що приймається, яка повною мірою залежить від своєчасності надходження необхідних даних від джерел інформації.

Робота номерів бойового розрахунку ПУ має бути спрямована на мінімізацію ризиків при ухваленні відповідних рішень. Один з шляхів мінімізації ризиків - це забезпечення безперервного надходження інформації за рахунок забезпечення якісного функціонування ПУ в мережі автоматизованої системи управління (АСУ).

Якість функціонування ПУ в складі АСУ багато в чому залежить від технічного стану його апаратури [10].

Розглянемо деякий вузол управління. Для простоти міркувань нехай цей вузол управління пов'язаний тільки з двома сусідніми вузлами (рис. 2).



Рис. 2. Фрагмент мережі

Надійність каналів зв'язку характеризується інтенсивністю відмов каналів і інтенсивністю їх відновлення. На рис. 3 показані можливі стани першого пункту управління:

- стан 0, зв'язок існує з пунктами управління 2 і 3;
- стан 1, зв'язок з пунктом 2 перерваний, зв'язок з пунктом 3 існує. Тут λ_1 - інтенсивність відмови каналу зв'язку з пунктом управління 2, а μ_1 - інтенсивність його відновлення;
- стан 2, зв'язок з пунктом 3 перерваний, зв'язок з пунктом 2 існує. Тут λ_2 - інтенсивність відмови каналу зв'язку з пунктом управління 3, а μ_2 - інтенсивність його відновлення;
- стан 3, зв'язок перерваний з пунктами управління 2 і 3.

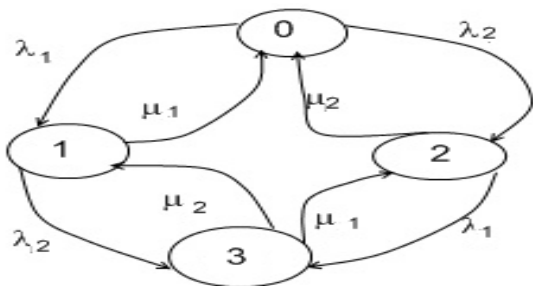


Рис. 3. Граф станів ПУ1

Знайдемо імовірність цих станів. Для цього складемо рівняння Колмогорова з урахуванням існування фінальних ймовірностей [11].

$$\begin{aligned} -(\lambda_1 + \lambda_2)p_0 + \mu_1 p_1 + \mu_2 p_2 &= 0; \\ \lambda_1 p_0 + \mu_2 p_3 - (\mu_1 + \lambda_2)p_1 &= 0; \\ \lambda_2 p_0 + \mu_1 p_3 - (\mu_2 + \lambda_1)p_2 &= 0; \\ \lambda_2 p_1 + \lambda_1 p_2 - (\mu_2 + \mu_1)p_3 &= 0. \end{aligned} \quad (8)$$

При розв'язанні цих рівнянь використовуватимемо умову нормування

$$p_0 + p_1 + p_2 + p_3 = 1. \quad (9)$$

Невизначеність стану даного пункту управління виразимо через його ентропію [12]:

$$H_{ny} = \sum_{i=1}^n p_i \log \frac{1}{p_i}. \quad (10)$$

Невизначеність стану пункту управління в явному виді не дозволяє оцінити стійку роботу з можливими відмовами, оскільки ентропія для цих випадків однакова. Для того, щоб розрізнити ці стани введемо в розгляд показник

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}, \quad (11)$$

як відношення середнього числа відмов каналу зв'язку до середнього часу його відновлення.

Нехай пункт управління має n каналів зв'язку. Введемо для нього наступну характеристику:

$$\Gamma_{ny} = \frac{\sum_{i=1}^n \rho_i}{n}. \quad (12)$$

Тоді потенціал пункту управління, що відображає його поточний стан, представляється як

$$Q_{ny} = \frac{H_{ny}}{R_{ny}}. \quad (13)$$

На рис. 4 представлена залежність потенціалу пункту управління від його стану.

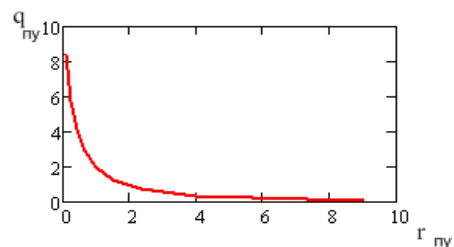


Рис. 4. Потенціал пункту управління

Введений показник Q_{ny} дозволяє кількісно оцінити стан системи управління в цілому. Стан системи управління опосередковано виражається

через її потенціал, як сума потенціалів усіх пунктів управління системи

$$Q_{cy} = \sum_{i=1}^K q_{пу_i}, \quad (14)$$

де K – число пунктів в системі.

Цей показник відображає якісний стан апаратних засобів системи управління. В процесі функціонування системи її якість може змінюватися, що впливатиме на значення Q_{cy} .

Висновки

Введені показники якості функціонування пунктів управління дають можливість в процесі функціонування відстежувати поточний стан пунктів

управління. Оцінка якості рішень, що приймаються бойовими розрахунками, дає змогу прогнозувати ризики, які пов'язані з неповнотою вихідних даних. Загальна оцінка технічного стану пунктів управління як і системи управління в цілому, дає змогу прогнозувати якість їх функціонування та можливі рівні зниження цієї якості.

При цьому слід зазначити, що запропоновані способи оцінки якості функціонування пунктів управління не дозволяють всебічно оцінити реальні процеси, що протікають. Проте можна говорити про їх використання при рішенні задачі аналізу (синтезу) існуючих (перспективних) систем управління військами для отримання із задовільною точністю кількісної оцінки функціонування цих систем.

Список літератури

1. Азов В. Концепция создания единой информационно-управляющей структуры ВС США / В. Азов // Зарубежное военное обозрение. – 2003. – № 1. – С. 3-10.
2. Мысев Г.М. Автоматизированная система управления РВиА: проблемы создания и пути их решения / Г.М. Мысев, Ю.В. Терентьев, Д.И. Лежнев // Военная мысль. – 2004. – № 10. – С. 19-22.
3. Иванов А.А. Информатизация Вооруженных Сил: проблемы и пути их решения / А.А. Иванов // Военная мысль. – 2000. – № 2. – С. 29-34.
4. Бобков Ю.Я. Концептуальные основы построения АСУ Сухопутными войсками ВС РФ: монография / Ю.Я. Бобков, Н.Н. Тютюнников. – М.: Издательство «Палеотип», 2014. – 92 с.
5. Звиглянич С.М. Підходи до автоматизації процесу прийняття рішень на застосування зброї / С.М. Звиглянич, Ю.М. Агафонов, М.П. Ізюмський // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2017. – Вип. 2(51). – С. 6-8.
6. Кучеренко Ю.Ф. Методика оцінки загального стану автоматизованої системи військового призначення на основі визначення технічного стану комплексів засобів автоматизації, що її складають / Ю.Ф. Кучеренко // Системи обробки інформації. – 2017. – Вип. 3(149). – С. 118-120.
7. Таненбаум Э. Компьютерные сети. 4-е изд. / Э. Таненбаум. – СПб.: Питер, 2008. – 992 с.
8. Основы проектирования и эксплуатации автоматизированных систем управления военного назначения: учеб. пособ. / под ред. В.Л. Ляскового. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. – 188 с.
9. Кузин Л.Т. Основы кибернетики: В 2-х т. Т. 2. Основы кибернетических моделей: учеб. пособие для вузов / Л.Т. Кузин. – М.: Энергия, 1979. – 584 с.
10. Звиглянич С.М. Оцінка якості функціонування автоматизованих систем управління / С.М. Звиглянич, М.П. Ізюмський, О.В. Балабуха // Системи обробки інформації. – 2017. – Вип. 3(149). – С. 115-117.
11. Таха Хемди А. Введение в исследование операций, 7-е издание, пер. с англ. / А. Таха Хемди. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 912 с.
12. Горячева Т.И. Теория информации в системах связи: учеб. пособ. / Т.И. Горячева, В.Р. Милов. – Нижний Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2014. – 247 с.

References

1. Azov, V. (2003), "Konceptsiya sozdaniya edinoj informacionno-upravlyushey strukturi VS SSHA" [The concept of creating a unified information and control structure of the US Armed Forces], *Foreign military review*, No. 1, pp. 3-10.
2. Musev, G.M., Terentyev, Yu.V. and Lezhnev, D.I. (2004), "Avtomatizirovannaya sistema upravleniya RViA: problemy sozdaniya i puti ikh resheniya" [Automated control system of MFA: problems of creation and ways of their solution], *Military thought*, No. 10, pp. 19-22.
3. Ivanov, A.A. (2000), "Informatizatsiya Vooruzhennykh Sil: problemy i puti ikh resheniya" [Informatization of the Armed Forces: problems and ways to solve them], *Military thought*, No. 2, pp. 29-34.
4. Bobkov, Yu.Ya. and Tyutyunnikov, N.N. (2014), "Kontseptual'nyye osnovy postroyeniya ASU Sukhoputnymi voyskami VS RF" [Conceptual foundations of the ACS construction by the Land Forces of the RF Armed Forces], Publishing house "Paleotype", Moscow, 92 p.
5. Zvigliyanich, S.M., Agafonov, Yu.M. and Izyumsky, M.P. (2017), "Pidkhody do avtomatyzatsiyi protsesu pryinyattya rishen na zastosuvannya zbroyi" [Approaches to automation of decision making process on the use of weapons], *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, No. 2(51), pp. 6-8.
6. Kucherenko, Yu.F. (2017), "Metodyka otsinky zahal'noho stanu avtomatyzovanoi systemy viys'kovoho pryznachennya na osnovi vyznachennya tekhnichnoho stanu kompleksiv zasobiv avtomatyzatsiyi, shcho yiyi skladayut" [Method of estimation of the general state of the automated military target system on the basis of the determination of the technical state of the complexes of automation means that make up it], *Information Processing Systems*, No. 3(149), pp. 118-120.
7. Tanenbaum, E. (2008), "Komp'yuternyye seti" [Computer networks], Piter, St. Petersburg, 992 p.
8. Lyaskovsky, V.L. (2016), "Osnovy proyektirovaniya i ekspluatatsii avtomatizirovannykh sistem upravleniya voyennogo naznacheniya" [Fundamentals of design and operation of automated control systems for military use:], Publishing house MGTU im. N.E. Bauman, Moscow, 188 p.
9. Kuzin, L.T. (1979), "Osnovy kibernetiki: V 2-kh t. T.2. Osnovy kiberneticheskikh modeley. ucheb. posobiye dlya vuzov" [Fundamentals of cybernetics: Vol. 2. Foundations of cybernetic models. Textbook. A Manual for Universities], Energy, Moscow, 584 p.

10. Zviglyanich, S.M., Izyumsky, M.P. and Balabukha, O.V. (2017), "Otsinka yakosti funktsionuvannya avtomatyzovanykh system upravlinnya" [Evaluation of the quality of functioning of automated control systems], *Information Processing Systems*, No. 3(149), pp. 115-117.

11. Taha, Hemdi A. (2005), "Vvedeniye v issledovaniye operatsiy" [Introduction to the study of operations], Publishing house "Williams" Moscow, 912 p.m,mj

12. Goryacheva, T.I. and Milov, V.R. (2014), "Teoriya informatsii v sistemakh svyazi" [Information Theory in Communication Systems: Textbook. allowance], Nizhny Novgorod. Gos. Techn. Un-t them. im. R.E. Alekseeva, Nizhny Novgorod, 247 p.

Надійшла до редколегії 4.09.2018

Схвалена до друку 16.10.2018

Відомості про авторів:

Звиглянич Сергій Миколайович

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-2419-8093>

Ізюмський Микола Павлович

науковий співробітник
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-2752-239X>

Линник Микола Федорович

кандидат технічних наук
доцент Військового інституту танкових військ
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-6631-7102>

Information about the authors:

Sergey Zviglyanich

Candidate of Technical Sciences
Senior Research Associate
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-2419-8093>

Nikolay Izumskiy

Research Associate
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-2752-239X>

Nikolay Linnik

Candidate of Technical Sciences
Senior Lecturer of Military Institute
of Tank Troops of the National Technical
University "Kharkiv Polytechnic Institute",
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-6631-7102>

ПОДХОД К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПУНКТОВ УПРАВЛЕНИЯ

С.Н. Звиглянич, Н.П. Изюмский, Н.Ф. Линник

Целью статьи является обоснование подхода к оценке качества функционирования пунктов управления, которые выступают как предмет исследования. Дается оценка качества информационной составляющей на основе оценки качества решений, которые принимаются боевыми расчетами, с учетом рисков, связанных с неполнотой исходных данных. Предложен подход к оценке технического состояния аппаратной компоненты пункта управления как составной части автоматизированной системы управления на основе такого показателя, как потенциал пункта управления. Он позволяет оценить техническое состояние аппаратной компоненты как пункта управления, так и автоматизированной системы управления в целом. Приведенные расчеты опираются на методы исследования операций. Полученные результаты представляют подходы к оценке качества функционирования пунктов управления войсками на основе введенных количественных показателей.

Ключевые слова: пункт управления, качество, система управления, энтропия, потенциал.

APPROACH TO EVALUATING THE QUALITY OF FUNCTIONING THE COMMAND CENTRES

S. Zviglyanich, N. Izumskiy, N. Linnik

The aim of this article is to justify the approach to assessing the quality of the functioning of the control posts that are the subject of research. The quality of the functioning of the control post, in the final analysis, depends on the degree of reasonableness of the decisions made and the possibility of bringing them to the performers. The reasonableness of the decisions made depends to a large extent on the timeliness of the receipt of the initial data for the tasks that are included in the system to support decision making. The approach for assessing the quality of the decision based on the analysis of the incoming source data is proposed in this article. In addition, a quantitative assessment of the completeness of the decision, which indirectly characterizes its quality, is also provided. In the decision process, the use of completely unreflected input data is proposed to be assessed by the level of risk. This indicator takes into account the relationship between the updated information and not updated information for tasks that are solved during the development of the solution. The reliability of processing the received information and bringing the decisions made to the executors is determined, first of all, by the possibility of the control post hardware. The technical feasibility of the functioning of the control post hardware can be estimated through its potential. The introduced indicator takes into account the possibility of a functioning control post functioning through uncertainty (entropy). The total value of the potentials of the control posts, which are part of the automatic control system, characterize the capabilities of such a system as a whole. Evaluation of the values of this total potential allows you to monitor the quality of the functioning of the automatic control system and determine the acceptable level of its reduction. The calculations given in the article are based on methods of investigating operations. The results obtained represent an approach to assessing the quality of the operation of command and control posts. The overall assessment of the technical condition of control posts as well as the management system as a whole makes it possible to predict the quality of their functioning and possible levels of its reduction.

Keywords: management point, quality, control system, entropy, potential.