

Сәкен Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университетінің Ғылым жаршысы (пәнаралық) =Вестник науки Казахского агротехнического исследовательского университета имени Сакена Сейфуллина (междисциплинарный). – Астана: С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, 2024. -№ 3 (122). - Б. 75-83. - ISSN 2710-3757, ISSN 2079-939X

doi.org/ 10.51452/kazatu.2024.3(122).1769

УДК 629.3

Моделирование и исследование системы технического сервиса

Редреев Г.В. , Червенчук В.Д. , Помогаев В.М. 

Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина
Омск, Российская Федерация

Автор-корреспондент: Г.В. Редреев: gv.redreev@omgau.org

Соавторы: (1:ВЧ) vd.chervenчук@omgau.org; (2:ВП) vm.pomogaev@omgau.org

Получено: 12-09-2024 **Принято:** 24-09-2024 **Опубликовано:** 30-09-2024

Аннотация

Предпосылки и цель. Для обеспечения эффективности производственной деятельности необходимо осмысление процессов, происходящих в социотехнических системах. Для систем, производящих материальный продукт, вопрос решается достаточно просто и теоретическое представление процессов известно. Для систем, оказывающих услуги, являющиеся нематериальным продуктом, вопрос остается до конца нерешенным. Характерным представителем систем, предоставляющих услуги, являются системы технического сервиса. Цель исследования – развитие теоретического описания социотехнических систем.

Материалы и методы. Общепринятое представление системы технического обслуживания (ТО) и ремонта, сложившееся более трех десятков лет назад, получило свое развитие в качестве информационной системы технического сервиса, включающей в себя четыре взаимосвязанных и взаимосогласованных элемента. Степень согласованности была выражена через логистическую функцию, что позволило учесть некоторую недетерминированность процессов в информационной системе.

Результаты. Естественная логика развития предопределила необходимость создания информационной модели системы технического сервиса, включающей в себя пять элементов. Система из пяти взаимодействующих элементов, как методологический прием была разработана российскими философами в результате переосмысления отдельных положений китайской философии. Нами осуществлено аналитическое описание взаимодействий пяти элементов информационной модели системы технического сервиса. Представлена интерпретация полученных результатов исследования модели.

Заключение. Разработанное аналитическое описание информационной модели позволяет оценить соотношение объемов информации элементов информационной системы, а также перспективность использования этой модели для теоретического описания процессов в системах технического сервиса.

Ключевые слова: модель; обслуживание; ремонт; технический сервис.

Введение

Совершенствование производственной деятельности происходит при развитии теоретических представлений этой деятельности. Содержание системы технического сервиса (ТС), было прописано в стандарте [1], суть представлена на рисунке 1.

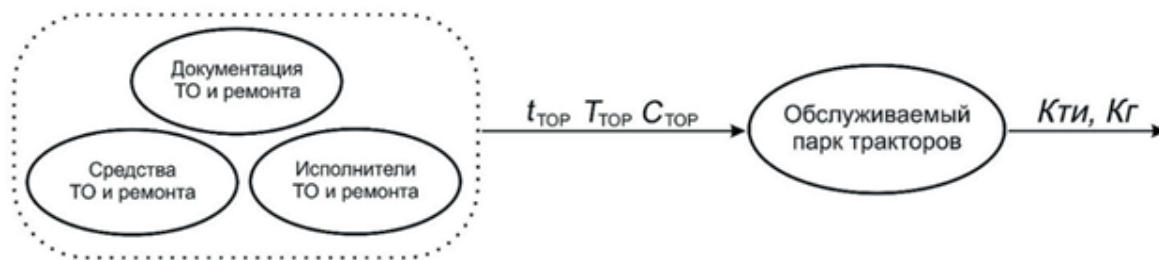


Рисунок 1 – Схема модели системы [1]

В качестве показателей оценки эффективности были приняты коэффициент технического использования Кти и коэффициент готовности Кг парка тракторов.

Цель деятельности службы ТО и ремонта оказывалась не связанной с результатами эксплуатации обслуживаемого парка тракторов. В условиях сельскохозяйственных предприятий с собственной службой ТО и ремонта такой подход был оправдан. В современных же условиях, при имеющейся ограниченности кадров, когда технический сервис осуществляется сервисными организациями, возникла необходимость при оценке деятельности систем технического сервиса учитывать удовлетворенность ожидания заказчика.

Исходя из цели создания системы, нами была разработана модель системы ТС [2] в систему была включена цель деятельности сервисных предприятий, чтобы включить учет надсистемных целей, внедряя в состав Кг и Кти (коэффициенты готовности и технического использования) (рисунок 2):

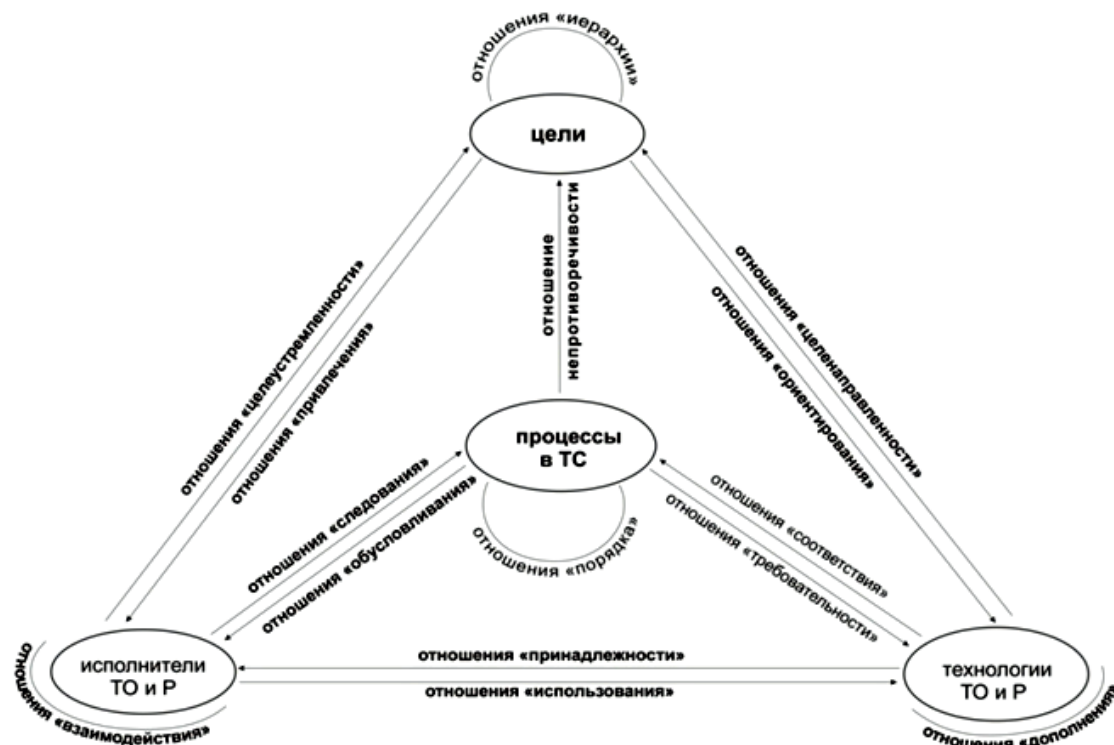


Рисунок 2 – Взаимосвязи новой системы ТС

Это существенный шаг в развитии, так как создание новой системы значительно повлияет на теоретические представления ТС. Однако, и в этой модели есть недоработки, например, следует учитывать возможность оперировать знаниями, полученными при обработке баз данных информации, получаемой от систем непрерывного контроля технического состояния современной сельскохозяйственной техники.

Материалы и методы

Исследования основывались на методологических построениях российских философов, при этом использовались методы математического моделирования процессов в системах [3].

Переработав предыдущую систему, мы получили новую систему, включающую 5 факторов (рисунок 3) [4, 5]. Эта система была разработана с использованием методологических основ китайской философии, что потребовало её переосмысления и адаптации к техническому контексту. Концепция пяти элементов (У-син: дерево, огонь, земля, металл, вода), заимствованная из китайской философии, описывает динамическое взаимодействие компонентов в системе. В нашей модели эта концепция была переосмыслена для описания информационной системы технического сервиса, где каждый элемент символизирует ключевые ресурсы системы (данные, специалисты, оборудование и т.д.). Взаимодействие между ними моделируется с учётом положительного и отрицательного влияния, что отражает изменения в функционировании системы. Этот подход позволяет более глубоко исследовать взаимосвязь компонентов, обеспечивая всестороннее описание информационной модели технического сервиса.

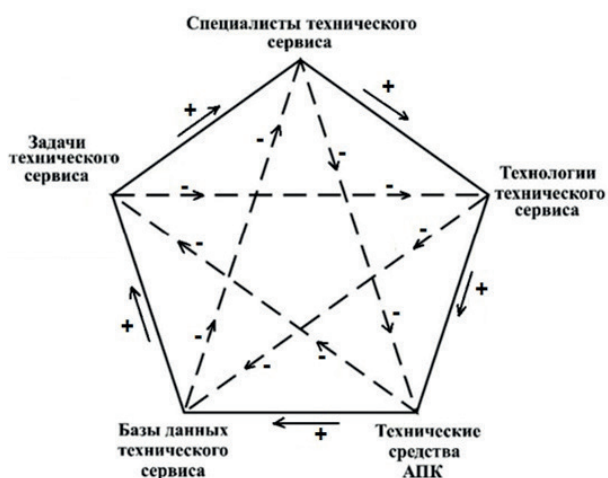


Рисунок 3 – Модель ТС системы
 (+) – положительное влияние, (-) – отрицательное влияние

Спецификация ключевых элементов: процессы, оборудование и субподрядчики, вводится для формализации информационной модели системы обслуживания. Эти элементы связаны с ресурсами и взаимодействиями, которые отражают взаимодействие с процессами обслуживания, оборудованием и внешними поставщиками [6-8].

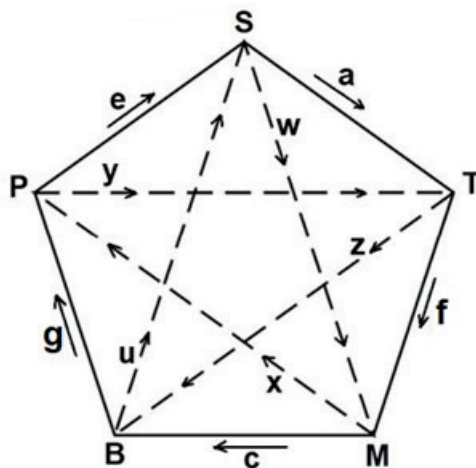


Рисунок 4 – Модель ТС системы

Где: S – наличная информация (знания) специалистов технического сервиса; T – информация о применяемых технологиях технического сервиса; M – информация об обслуживаемой сельскохозяйственной технике; B – информация в базах данных со статистикой по ТО, отказам и ремонтам; P – информация о задачах технического сервиса; a, f, c, g, e – коэффициенты, соответствующие последовательному благоприятному воздействию элементов системы друг на друга; очевидно $(a, f, c, g, e) \geq 1$; w, x, y, z, u – коэффициенты, соответствующие последовательному неблагоприятному (ограничивающему) воздействию элементов системы друг на друга; очевидно $0 \leq (w, x, y, z, u) \leq 1$.

Изменения в системе происходят за счет положительного и отрицательного взаимодействия соседних элементов [9-12]. Следовательно система дифференциальных уравнений первого порядка будет:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dS}{d\tau} &= eP - uB; \\ \frac{dT}{d\tau} &= aS - yP; \\ \frac{dM}{d\tau} &= fT - wS; \\ \frac{dB}{d\tau} &= cM - zT; \\ \frac{dP}{d\tau} &= gB - xM \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где τ – время.

Введем начальные условия:

$$S(0) = s_0; T(0) = t_0; M(0) = m_0; B(0) = b_0; P(0) = p_0.$$

Предположим, что знания специалистов $S(\tau)$ и информация о сельскохозяйственной технике $M(\tau)$ возрастают по линейному закону:

$$S(\tau) = s_0 + s_1\tau \text{ и } M(\tau) = m_0 + m_1\tau, \quad (2)$$

При принятых условиях: $0 < s_1 \ll s_0$ и $0 < m_1 \ll m_0$.

Тогда из 1-го и 3-го уравнений системы (1) получим:

$$s_1 = eP - uB \quad (3)$$

$$m_1 = fT - wS. \quad (4)$$

Из (2) и (4) уравнений системы (1) получим:

$$T(\tau) = \frac{m_1 + ws_0}{f} + \frac{ws_1}{f} \tau \quad (5)$$

Из (5) и 2-го уравнения системы (1) найдем $P(\tau)$:

$$\frac{dT}{d\tau} = \frac{ws_1}{f} = aS - yP = as_0 + as_1\tau - yP(\tau)$$

Откуда:

$$P(\tau) = \left(\frac{as_0}{y} - \frac{ws_1}{fy} \right) + \frac{as_1}{y} \tau \quad (6)$$

И наконец, из (3) найдем $B(\tau)$. Получим:

$$B(\tau) = \frac{eP-s_1}{u} = \frac{1}{u} \left(\frac{aes_0}{y} - \frac{ews_1}{fy} - s_1 \right) + \frac{aes_1}{uy} \tau \quad (7)$$

Таким образом, математическая модель информационной системы технического сервиса будет иметь следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} S(\tau) &= s_0 + s_1 \tau \\ T(\tau) &= \frac{m_1 + ws_0}{f} + \frac{ws_1}{f} \tau \\ M(\tau) &= m_0 + m_1 \tau \\ B(\tau) &= \frac{1}{u} \left(\frac{aes_0}{y} - \frac{ews_1}{fy} - s_1 \right) + \frac{aes_1}{uy} \tau \\ P(\tau) &= \left(\frac{as_0}{y} - \frac{ws_1}{fy} \right) + \frac{as_1}{y} \tau \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

при начальных значениях данных и ограничениях:

$$\left. \begin{aligned} S(0) &= s_0 \\ M(0) &= m_0 \\ (a, f, e) &\geq 1 \\ 0 &\leq (w, y, u) \leq 1 \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Полученные зависимости отражают степень взаимосвязи элементов информационной системы технического сервиса. Эффективность системы может быть изменена в соответствие со значениями коэффициентов, отражающих положительное и ограничивающее взаимовлияние элементов [13–15].

Результаты и обсуждение

Нами произведены расчеты в соответствие с аналитическими выражениями системы уравнений (8). Принято $s_0=100$ единиц информации; $m_0=100$; начальные значения коэффициентов $(a, f, e)=1, 1$; $(w, y, u)=0, 1$. Рассчитывались значения T , B и P при изменении времени τ , при одновременном изменении значений w , u , y . Графическое изображение результатов расчетов представлено на рисунках 5–7.

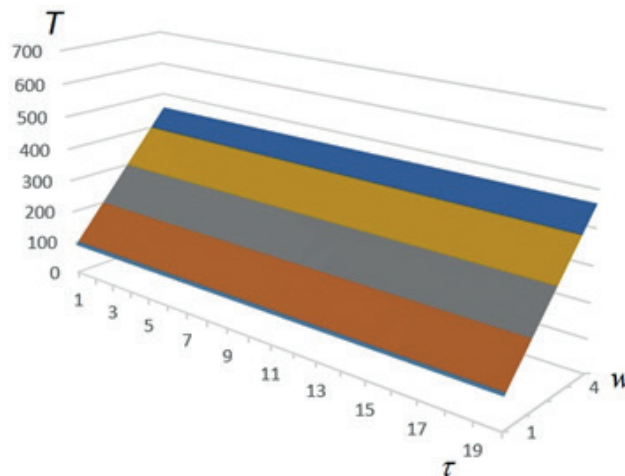


Рисунок 5 - Зависимость величины T от τ при изменениях w

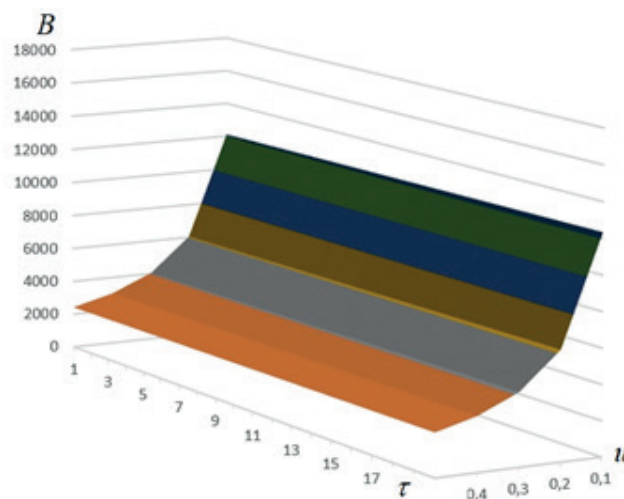


Рисунок 6 – Зависимость величины B от τ при изменениях u

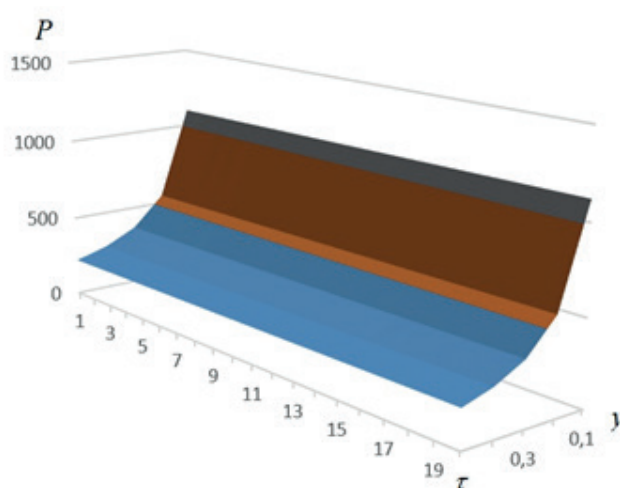


Рисунок 7 – Зависимость величины P от τ при изменениях y

Заключение

Полученные предварительные результаты позволяют оценить взаимосвязь информативности элементов информационной системы, а также перспективность использования разработанной модели для теоретического описания процессов обслуживания систем. В ходе разработки математической модели информационной системы технической службы получено понимание объема информации, содержащейся в элементах информационной системы технической службы. Предварительные расчеты при $\epsilon = 1,1$; $w, y, u = 0,1$ $s_0 = 100$; $m_0 = 100$; a, f , позволяет получить текущие значения условного объема информации $V_i = 12100$, $P_i = 1100$. $S_i = 100$, $T_i = 100$, $M_i = 100$.

Вклад авторов

ГР: разработаны модели системы технического сервиса и информационной модели системы технического сервиса; представлена система однородных дифференциальных уравнений (1). ВЧ: решена система однородных дифференциальных уравнений с получением математической модели (8)–(9). ВП: произведены расчеты в соответствие с аналитическими выражениями системы уравнений (8) и графическое представление результатов расчетов.

Список литературы

- 1 Межгосударственный стандарт. ГОСТ 18322–78 (СТ СЭВ 5151–85) Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения.
- 2 Редреев, ГВ. (2018). Математическая модель процесса обеспечения качества технического сервиса. *Вестник Омского ГАУ*, 3(31) 75-85.
- 3 Sergienko, IV, Zadiraka, VK, Lytvyn, OM. (2021). *Elements of the general theory of optimal algorithms*. Springer. DOI: 10.1007/978-3-030-90908-6.
- 4 Разумов, ВИ. (2020). Категориальные схемы в междисциплинарных исследованиях. *Вестник Омского университета*, 25(2), 70-74.
- 5 Редреев, ГВ. (2014). Взаимодействие исполнителей ТО и ремонта при обеспечении работоспособности машинно-тракторных агрегатов. *Современные проблемы науки и образования*, 2, 40-40.
- 6 Recker, J. (2021). Scientific research in information systems: a beginner's guide. *Springer*, DOI: 10.1007/978-3-030-85436-2.
- 7 Pushkar, OI, Sibilyev, KS. (2012). Information systems and technologies: textbook. KhNUE.
- 8 Alter, S. (2008). Defining information systems as work systems: implications for the IS field. *European journal of information systems*, 17(5), 448-469.
- 9 Wen, Z., Hau, KT, Herbert, WM. (2003). Methods and recent research development in analysis of interaction effects between latent variables. *Advances in Psychological Science*, 11(05), 593.
- 10 Wang, D., Rundensteiner, EA, Ellison III, RT. (2011). Active complex event processing over event streams. *Proceedings of the VLDB Endowment*, 4(10), 634-645. DOI: 10.14778/2021017.2021021.
- 11 Gnanasundaram, S., Shrivastava, A. (2012). Information Storage and Management: Storing, Managing, and Protecting, Digital Information in Classic, Virtualized, and Cloud Environments. EMC Education services, 2nd edition.
- 12 Slaev, VA, Chunovkina, AG, Mironovsky, LA. (2013). Metrology and theory of measurement. Berlin, Boston: De Gruyter. DOI: 10.1515/9783110284829.
- 13 Epstein, MJ, Rejc, A. (2005). *Evaluating Performance in Information Technology*. The Society of Management Accountants of Canada (CMA Canada), the American Institute of Certified Public Accountants (AICPA) and The Chartered Institute of Management Accountants (CIMA).
- 14 De, T., Giri, P., Mevawala, A., Nemani, R., Deo, A. (2020). Explainable AI: a hybrid approach to generate human-interpretable explanation for deep learning prediction. *Procedia Computer Science*, 168, 40-48. DOI: 10.1016/j.procs.2020.02.255.
- 15 Chen, S., Osman, NM, Peng, GCA. (2013). Information systems evaluation: methodologies and practical case studies. In Information systems research and exploring social artifacts: Approaches and methodologies, *IGI Global*. 333-354. DOI: 10.4018/978-1-4666-2491-7.ch017.

References

- 1 Mezhgosudarstvennyj standart. GOST 18322–78 (ST SEV 5151–85) Sistema tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta tekhniki. Terminy i opredeleniya. [In Russ].
- 2 Redreev, GV. (2018). Matematicheskaya model' processa obespecheniya kachestva tekhnicheskogo servisa. *Vestnik Omskogo GAU*, 3(31) 75-85. [In Russ].
- 3 Sergienko, IV, Zadiraka, VK, Lytvyn, OM. (2021). *Elements of the general theory of optimal algorithms*. Springer. DOI: 10.1007/978-3-030-90908-6.
- 4 Razumov, VI. (2020). Kategorial'nye skhemy v mezhdisciplinarnykh issledovaniyakh. *Vestnik Omskogo universiteta*, 25(2), 70-74. [In Russ].
- 5 Redreev, GV. (2014). Vzaimodejstvie ispolnitelej TO i remonta pri obespechenii rabotosposobnosti mashinno-traktornykh agregatov. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, (2), 40-40. [In Russ].
- 6 Recker, J. (2021). Scientific research in information systems: a beginner's guide. *Springer*, DOI: 10.1007/978-3-030-85436-2.
- 7 Pushkar, OI, Sibilyev, KS. (2012). Information systems and technologies: textbook. KhNUE.

- 8 Alter, S. (2008). Defining information systems as work systems: implications for the IS field. *European journal of information systems*, 17(5), 448-469.
- 9 Wen, Z., Hau, KT, Herbert, WM. (2003). Methods and recent research development in analysis of interaction effects between latent variables. *Advances in Psychological Science*, 11(05), 593.
- 10 Wang, D., Rundensteiner, EA, Ellison III, RT. (2011). Active complex event processing over event streams. *Proceedings of the VLDB Endowment*, 4(10), 634-645. DOI: 10.14778/2021017.2021021.
- 11 Gnanasundaram, S., Shrivastava, A. (2012). Information Storage and Management: Storing, Managing, and Protecting, Digital Information in Classic, Virtualized, and Cloud Environments. EMC Education services, 2nd edition.
- 12 Slaev, VA, Chunovkina, AG, Mironovsky, LA. (2013). *Metrology and theory of measurement*. Berlin, Boston: De Gruyter. DOI: 10.1515/9783110284829.
- 13 Epstein, MJ, Rejc, A. (2005). *Evaluating Performance in Information Technology*. The Society of Management Accountants of Canada (CMA Canada), the American Institute of Certified Public Accountants (AICPA) and The Chartered Institute of Management Accountants (CIMA).
- 14 De, T., Giri, P., Mevawala, A., Nemani, R., Deo, A. (2020). Explainable AI: a hybrid approach to generate human-interpretable explanation for deep learning prediction. *Procedia Computer Science*, 168, 40-48. DOI: 10.1016/j.procs.2020.02.255.
- 15 Chen, S., Osman, NM, Peng, GCA. (2013). Information systems evaluation: methodologies and practical case studies. In Information systems research and exploring social artifacts: *Approaches and methodologies*. IGI Global. 333-354. DOI: 10.4018/978-1-4666-2491-7.ch017.

Техникалық қызмет көрсету жүйесін модельдеу және зерттеу

Редреев Г.В., Червенчук В.Д., Помогаев В.М.

Түйін

Алғышарттар және мақсат. Өндірістік қызметтің тиімділігін қамтамасыз ету үшін әлеуметтік-техникалық жүйелерде болып жатқан процестерді түсіну қажет. Материалдық өнімді шығаратын жүйелер үшін мәселе өте қарапайым шешіледі және процестердің теориялық көрінісі белгілі. Материалдық емес өнім болып табылатын қызметтерді ұсынатын жүйелер үшін мәселе толығымен шешілмеген. Қызмет көрсететін жүйелердің типтік өкілі техникалық қызмет көрсету жүйелері болып табылады. Зерттеудің мақсаты – әлеуметтік-техникалық жүйелердің теориялық сипаттамасын жасау.

Материалдар мен тәсілдер. Отыз жылдан астам уақыт бұрын пайда болған техникалық қызмет көрсету және жөндеу жүйесінің жалпы қабылданған тұжырымдамасы өзара байланысты және өзара келісілген төрт элементті қамтитын техникалық сервистік ақпараттық жүйе ретінде әзірленді. Жүйелілік дәрежесі логистикалық функция арқылы көрсетілді, бұл ақпараттық жүйедегі кейбір процестердің детерминизм сіздігін ескеруге мүмкіндік берді. Бұл ретте жүйенің жұмыс істеу сапасын анықтайтын техникалық қызмет көрсетушілердің біліктілігін бағалау туралы мәселе бірден туындады. Орындаушылар біліктілігінде қолда бар білім көлемі маңызды орын алады. Орындаушылар оқуда, өндірістік қызметте және өндірістік әдебиеттерді оқу кезінде алған білімдерінен басқа, қазіргі уақытта техникалық жабдықтың жай-күйінің өзгеруі туралы ақпараттың айтарлықтай көлемі, сондай-ақ осы ақпарат көлемінен білім алу құралдары болып табылады. Қолжетімді.

Нәтижелер. Дамудың табиғи логикасы бес элементті қамтитын техникалық қызмет көрсету жүйесінің ақпараттық моделін құру қажеттілігін алдын ала анықтады. Әдістемелік әдіс ретінде өзара әрекеттесетін бес элементтің жүйесін орыс философтары қытай философиясының кейбір ережелерін қайта қарастыру нәтижесінде әзірледі. Біз техникалық қызмет көрсету жүйесінің ақпараттық моделінің бес элементінің өзара әрекеттесуінің аналитикалық сипаттамасын жүргіздік. Модельдік зерттеудің алынған нәтижелерінің интерпретациясы берілген.

Қорытынды. Ақпараттық модельдің әзірленген аналитикалық сипаттамасы ақпараттық жүйе элементтерінің ақпарат көлемінің арақатынасын, сондай-ақ техникалық қызмет көрсету

жүйелеріндегі процестерді теориялық сипаттау үшін осы модельді пайдалану перспективаларын бағалауға мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: модель; қызмет көрсету; жөндеу; техникалық қызмет көрсету.

Modeling and research of technical service system

Grigorij V. Redreev, Vladimir D. Chervenчук, Vitalij M. Pomogaev

Abstract

Background and purpose. To ensure the efficiency of production activities, it is necessary to understand the processes occurring in socio-technical systems. For systems producing a material product, the issue is resolved quite simply and the theoretical representation of the processes is known. For systems providing services, which are an intangible product, the issue remains unresolved. A typical representative of systems providing services is a technical service system. The purpose of the study is to develop a theoretical description of socio-technical systems.

Materials and methods. The generally accepted idea of the maintenance and repair system, which was formed more than three decades ago, was developed as an information system of technical service, which includes four interconnected and mutually agreed elements. The degree of consistency was expressed through the logistic function, which made it possible to take into account some non-determinism of processes in the information system. At the same time, the question of assessing the qualifications of technical service performers, which determines the quality of the system, immediately arose. In the qualifications of performers, an important place is given to the volume of available knowledge. In addition to the knowledge acquired by performers during their studies, production activities, and study of production literature, significant amounts of information about changes in the state of technical means, as well as tools for obtaining knowledge from this amount of information, are currently becoming available.

Results. The natural logic of development predetermined the need to create an information model of the technical service system, which includes five elements. The system of five interacting elements, as a methodological technique, was developed by Russian philosophers as a result of rethinking individual provisions of Chinese philosophy. We have carried out an analytical description of the interactions of five elements of the information model of the technical service system. An interpretation of the obtained results of the study of the model is presented.

Conclusion. The developed analytical description of the information model allows us to evaluate the ratio of the information volumes of the elements of the information system, as well as the prospects for using this model for the theoretical description of processes in technical service systems.

Keywords: model; maintenance; repair; technical service.