

6. Vichugova A. Hadoop. 2020. Specialized authorized training center for corporate training on Big Data. URL: <https://www.bigdataschool.ru/wiki/hadoop> (accessed: 01.02.2020).
7. Nadeau T.D., Gray K. *SDN: Software Defined Networks*. Sebastopol: O'Reilly, 2013, 352 p.
8. Chalkiopoulos A. *Programming MapReduce with Scalding Community Experience Disitilled*. Birmingham: Packt Publishing Ltd, 2014, 148 p.
9. Trovati M. et al. *Big-Data Analytics and Cloud Computing: Theory, Algorithms and Applications*. Berlin: Springer, 2016, 169 p.
10. Kumar V.N., Shindgikar P. *Modern Big Data Processing with Hadoop: Expert Techniques for Architecting End-to-End Big Data Solutions to Get Valuable Insights*. Birmingham: Packt Publishing Ltd, 2018, 394 p.

*Received 24.07.2020*

---

## ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

---

УДК 004

### ЭФФЕКТИВНАЯ ПОДДЕРЖКА ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗМЕНЕНИЯХ ТРЕБОВАНИЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

*Ткаченко К.С.*

*Севастопольский государственный университет, Севастополь, РФ*

*E-mail: kstkachenko@sevsu.ru*

Современные производственные предприятия работают на основе сложных цифровых систем. Инфраструктура этих систем состоит из компьютерных узлов. Компьютерные узлы могут работать эффективно либо неэффективно. Эффективность работы компьютерных узлов отражается на работе инфраструктуры и на самом производственном предприятии. Поэтому необходимо управлять компьютерными узлами. Рассматривается управление компьютерными узлами, основанное на моделировании систем массового обслуживания и непараметрических статистиках. Предложены структуры средств для выполнения корректировки параметров компьютерных узлов инфраструктуры. Полученные структуры средств могут лежать в основе выполнения корректировки параметров компьютерных узлов инфраструктуры. Эта корректировка с участием лица, принимающего решения, будет производиться с учетом моделирования систем массового обслуживания и применения к результатам непараметрических статистик. Корректировка параметров позволит обеспечить эффективную поддержку цифровых технологий при изменениях требований на производственных предприятиях.

**Ключевые слова:** *производственные предприятия, компьютерные узлы, моделирование*

#### **Введение**

Электронный документооборот на производственных предприятиях должен быть организован в соответствии с современными потребностями и правилами [1]. На производственных предприятиях системы электронного документооборота отличаются от типовых решений необходимостью учета различных стадий производственного процесса, в том числе проектирования, производства и эксплуатации. Организация и внедрение электронного документооборота в бизнес-процессы существующего производственного предприятия должна осуществляться не стихийно, а ориентироваться на серийное производство продукции. Поэтому эффект от внедренных комплексов документооборота должен отражаться на работе производственных и проектных подразделений предприятия.

Функционирование этих комплексов происходит при взаимодействии локальных баз данных и архивов документации между собой напрямую, а также с использованием технологий облачных и интернета вещей. Внедрение электронного документооборота в некоторой степени изменяет алгоритмы проектирования изделий и работы производственного предприятия, поскольку отражается на процессах принятия решений. В результате формируются киберфизические системы, функционирование которых невозможно без обеспечения требуемых показателей безопасности и надежности.

#### **Необходимость высокопроизводительных вычислений**

Повышение роста сложности организации производственных предприятий приводит к уси-

лению роли управленческих решений [2]. Активное совершенствование вариантов управленческих решений сказывается на их поддержке, в том числе и со стороны используемых компьютерных и информационных технологий. Эти информационные технологии позволяют обеспечить выбор варианта в условиях внешних изменений. Инновационная деятельность в рамках производственных предприятий, направленная на повышение их конкурентоспособности, приводит к реформированию производственных и организационных структур. Эти структурные изменения отражаются на изменениях потоков в рамках предприятия и связях его со внешней средой, таких как информационные, финансовые, управленческие и другие. Характеристики ресурсов предприятия, от которых зависит смысловое наполнение информационных потоков, влияют на показатели эффективности работы производственного предприятия в целом.

Для обеспечения высоких значений этих показателей можно выполнять реинжиниринг бизнес-процессов путем объединения информационных потоков в единые цифровые информационные пространства. Выбор вариантов укрупнения потоков неосуществим без диверсификации ресурсов. Диверсификация производится путем применения специализированных информационных систем поддержки принятия решений.

Оценка состояний производственных предприятий является необходимым этапом их развития [3]. В частности, по результатам этой оценки можно производить внедрение современного компьютерного оборудования. Внедрение такого оборудования в некоторых ситуациях может компенсировать технологическую отсталость производственного предприятия. Достижение необходимых значений параметров технологического роста производственных предприятий происходит после выявления динамических факторов, влияющих на его жизненный цикл. На основании оцененных численным значением этих факторов определяются перспективы совершенствования производственных технологий во времени. Задействование принципиально новых технологий в производстве является определяющим фактором экономического развития и стимулом повышения конкурентоспособности.

Развитие информационных технологий на промышленных предприятиях происходит на основе сформированных ранее концептов. Использование нового технологического уклада на предприятиях меняет выстроенные хозяйственные системы путем активного внедрения робототех-

нических и цифровых средств. Поэтому предварительно требуется производить моделирование взаимосвязанных компьютерных и производственных технологий для исключения возникающих при внедрении противоречий, определения объективных показателей качества, оценки влияния участников производства на конечный результат.

Комплексы неблагоприятных факторов приводят к деградации системообразующих производственных предприятий [4]. Эта деградация изменяет инфраструктуру предприятия вплоть до упадка. Деградировавшие предприятия нужно восстанавливать. Для улучшения ситуации на предприятиях происходит восстановление существующей или создание новой инфраструктуры. Восстановление инфраструктуры неразрывно связано с анализом бизнес-процессов в инфраструктуре. Анализ ориентирован на выявление влияющих на деятельность инфраструктуры факторов. Системный подход для реорганизации инфраструктуры производится на основе анализа накопленных статистических данных о деятельности предприятия. Выявление производственного потенциала для повышения эффективности деятельности предприятия происходит после формирования требуемых характеристик у бизнес-среды. Для этого активно внедряются компьютерные технологии, которые изменяют используемые коммуникационные средства. Комплексная поддержка коммуникационных и компьютерных средств повышает качество готовой продукции и труда. Формальные и логические модели, которые строятся на результатах анализа данных, позволяют оценивать показатели эффективности функционирования инфраструктуры производственных предприятий. Обеспечение устойчивого роста этих показателей с учетом принимаемых экспертом решений может быть возложено на внутренние подсистемы инфраструктуры.

Поэтому можно совершенствовать производственные процессы путем их цифровизации [5]. Цифровизация производства включает в себя и цифровизацию управления им. Цифровизация неосуществима без создания технологических цепочек, которые учитывают не только положительные стороны модернизации процессов производственных предприятий, но и возможные риски. Тенденции модернизации меняют подходы к процессам управления и их обеспечению. Рост уровня компьютерных технологий на промышленном предприятии и гибкость процессов связаны с активизацией автоматизации производственных процессов, ее интеллектуализацией.

Повышение оперативности производства, ее приспособления к новым и изменяющимся условиям непосредственно зависят от оперативности и скорости настройки оборудования и изменения технологических параметров. В текущих условиях эти изменения зависят от обмена информацией в режиме реального времени. Киберфизические системы децентрализованно организуют принятие и исполнение управленческих решений. В частности, их применение изменит важность и роль автоматизации в нестандартных ситуациях, в том числе и экстренных. Обоснование принятия управленческих решений отталкивается от наличия рисков и неопределенностей, связанных с утечками и порчей информации, нарушений процессов внешнего управления, деградацией аппаратного обеспечения.

### Аналитическое моделирование

Чтобы обеспечить эффективную поддержку цифровых технологий при изменениях требований на производственных предприятиях, в настоящей публикации предлагается подход на основе методов системного анализа. В основе подхода лежит построение структур систем мониторинга и управления компьютерными узлами информационного контура производственных предприятий с использованием систем массового обслуживания (СМО) [6–10].

Компьютерный узел, используемый для обеспечения функционирования информационного контура производственного предприятия, имеет входной поток заявок с интенсивностью  $\lambda$ , буфер заявок неограниченной длины, канал обслуживания заявок с производительностью  $\mu$ . Моделью такого компьютерного узла является СМО типа М/М/1. СМО типа М/М/1 обладает системными откликами, оценка которых производится по известным аналитическим соотношениям:

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{\lambda}{\mu}, & p_0 &= 1 - \rho, \\ p_i &= \rho^i p_0, & i &= 1, 2, \dots, \\ L_q &= \frac{\rho^2}{1 - \rho}, & L_s &= \frac{\rho}{1 - \rho}, \\ T_q &= \frac{\rho}{\mu(1 - \rho)}, & T_s &= \frac{1}{\mu(1 - \rho)}. \end{aligned} \quad (1)$$

В соотношениях (1) обозначаются: загрузка  $\rho$ , вероятность простоя  $p_0$ , вероятность наличия в системе  $i$  заявок  $p_i$ , среднее число заявок в очереди  $L_q$ , среднее число заявок в системе  $L_s$ , среднее время пребывания заявки в очереди  $T_q$ , среднее время пребывания заявки в системе  $T_s$ . На основе

важнейших системных характеристик (1), в свою очередь, строится целевая функция:

$$F(\lambda, \mu) = C_0 p_0(\lambda, \mu) + C_q L_q(\lambda, \mu) + C_s T_s(\lambda, \mu). \quad (2)$$

В функции (2) обозначаются:  $C_0$  – оценка затрат на простой компьютерного узла,  $C_q$  – оценка затрат на пребывание заявки в очереди,  $C_s$  – оценка затрат на время пребывания заявки в системе. Эффективное функционирование компьютерного узла с учетом (2) достигается для известной интенсивности входного потока  $\lambda$  корректировкой узловой производительности  $\mu$ , то есть:

$$\arg \min_{\mu} F(\lambda, \mu). \quad (3)$$

Решение задачи (3) в условиях режима реального времени автоматически либо после этапа функционирования инфраструктуры с участием ЛПР (лица, принимающего решения) происходит за счет специализированного комплекса корректировки узловой производительности. В основе комплекса лежит использование непараметрических оценок вероятностей гипотез.

Путь гипотеза  $H_0 = \{\text{компьютерный узел эффективно обрабатывает входной трафик}\}$ , гипотеза  $H_1 = \{\text{компьютерный узел неэффективно обрабатывает входной трафик}\}$ . Напрямую вероятности этих гипотез  $P(H_0)$  и  $P(H_1)$  определяться не будут. Для их определения с использованием методов непараметрической статистики, а именно простого критерия знаков и критерия Уилкоксона, рассчитываются численные оценки условных вероятностей гипотез  $P(H_0/H_0)$ ,  $P(H_0/H_1)$ ,  $P(H_1/H_0)$ ,  $P(H_1/H_1)$ . Вероятность  $P(H_0/H_0)$  – это условная вероятность того, что узел работает эффективно при предположении о его эффективности; вероятность  $P(H_0/H_1)$  – условная вероятность того, что узел работает эффективно при предположении о его неэффективности; вероятность  $P(H_1/H_0)$  – условная вероятность того, что узел работает неэффективно при предположении о его эффективности; вероятность  $P(H_1/H_1)$  – условная вероятность того, что узел работает неэффективно при предположении о его неэффективности.

С использованием принципов системного анализа происходит построение структуры корректирующей системы  $S_{KS}$ . По принципу конечной цели, проектирования происходит для достижения (3). По принципу единства и связности, принципу иерархичности:  $S_{KS} = S_{SMO} + S_{STAT} + S_{LPR}$ , где  $S_{SMO}$  – подсистема аналитического моделирования СМО,  $S_{STAT}$  – подсистема расчета непараметрических статистик,  $S_{LPR}$  – подсистема управления с участием лиц, принимающих решение (ЛПР).

По принципу модульности программные модули на высокоуровневом языке  $\{M_{KS}\}$ , реализующие функции корректирующей системы:  $\{M_{KS}\} = \{M_{SMO}\} + \{M_{STAT}\} + \{M_{LPR}\}$ , где  $\{M_{SMO}\}$  – модуль, реализующий функции аналитического моделирования СМО;  $\{M_{STAT}\}$  – модуль, реализующий функции расчетов непараметрических статистик;  $\{M_{LPR}\}$  – модуль, реализующий функции пользовательского интерфейса ЛПР и корректировки параметров компьютерного узла.

### Заключение

Полученные структуры средств могут лежать в основе выполнения корректировки параметров компьютерных узлов инфраструктуры. Эта корректировка с участием ЛПР будет производиться с учетом моделирования СМО и применения к результатам непараметрических статистик. Корректировка параметров позволит обеспечить эффективную поддержку цифровых технологий при изменениях требований на производственных предприятиях.

### Литература

1. Организация электронного документооборота между проектным, производственным и эксплуатирующим предприятиями в условиях цифровой экономики Индустрии 4.0 / А.В. Гурьянов [и др.] // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2018. Т. 18, № 1. С. 106–112.
2. Методология и практический инструментарий цифровой трансформации высокотехнологичных предприятий / М.М. Батова [и др.] // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2019. Т. 10, № 4. С. 543–560.
3. Миллер А.Е., Реутова Т.И. Оценка состояния и развития производственных технологий в обрабатывающей промышленности // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2018. Т. 15, № 1 (59). С. 132–140.
4. Оборин М.С. Влияние сельскохозяйственных предприятий на социально-экономическое развитие депрессивных территорий // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2018. Т. 4, № 3 (15). С. 114–122.
5. Амелин С.В., Щетинина И.В. Организация производства в условиях цифровой экономики // Организатор производства. 2018. Т. 26, № 4. С. 7–18.
6. Ткаченко К.С., Скاتков И.А., Скидан А.А. Модель функционирования первичного измерителя в условиях тренда метрологических характеристик // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017: материалы НПК с международным участием. Севастополь. 2017. С. 1349–1353.
7. Ткаченко К.С. Построение информационной системы производственного предприятия на основе компьютерных узлов // Достижения и приложения современной информатики, математики и физики: материалы VIII Всероссийской заочной НПК. Уфа. 2019. С. 154–159.
8. Ткаченко К.С., Скатков И.А. Поточно-структурный подход к построению распределенных сред систем мониторинга // Системы контроля окружающей среды. 2017. № 9 (29). С. 41–44.
9. Ткаченко К.С. Применение параметрической корректировки компьютерных узлов информационно-коммуникационной инфраструктуры современных предприятий // Новое в науке и образовании: материалы международной ежегодной науч.-практ. конф. Москва. 2020. С. 112–114.
10. Ткаченко К.С. Управление качеством обработки заданий гомогенными компьютерными узлами информационного контура промышленного предприятия // Проблемы сертификации, управления качеством и документационного обеспечения управления: материалы всероссийской науч.-практ. конф. Красноярск. 2020. С. 119–122.

Получено 09.09.2020

**Ткаченко Кирилл Станиславович**, инженер кафедры информационных технологий и компьютерных систем Севастопольского государственного университета. 299053, Российская Федерация, г. Севастополь, ул. Университетская, 33. Тел. +7 869 243-51-73. E-mail: kstkachenko@sevsu.ru

## EFFECTIVE SUPPORT FOR DIGITAL TECHNOLOGIES WHEN REQUIREMENTS CHANGE IN PRODUCTION FACILITIES

*Tkachenko K.S.*

*Sevastopol State University, Sevastopol, Russian Federation*

*E-mail: kstkachenko@sevsu.ru*

Modern manufacturing enterprises operate on the basis of complex digital systems. The infrastructure of these systems consists of computer nodes. Computer nodes can work efficiently or inefficiently. The efficiency of computer nodes is reflected in the operation of the infrastructure and in the production enterprise itself. Therefore, it is necessary to manage computer nodes. Management of computer nodes based on modeling of queuing systems and nonparametric statistics is considered. The structures of tools for performing the adjustment of parameters of computer infrastructure nodes are proposed. The resulting tool structures can be used as the basis for making adjustments to the parameters of the infrastructure's computer nodes. This adjustment with the participation of the decision maker will be made taking into account the modeling of queuing systems and the application of nonparametric statistics to the results. The adjustment of parameters will ensure effective support for digital technologies when requirements change at production facilities.

**Keywords:** *manufacturing enterprises, computer nodes, modeling*

**DOI:** 10.18469/ikt.2020.18.4.14

**Tkachenko Kirill Stanislavovich**, Sevastopol State University, 33, Universitetskaia Street, Sevastopol, 299053, Russian Federation; Engineer of the first category of Information Technologies and Computer Systems Department. Tel. +7 869 243-51-73. E-mail: kstkachenko@sevsu.ru

## References

1. Gur'janov A.V. et al. Organization of electronic document flow between design, production and operating enterprises in the digital economy of Industry 4.0. *Nauchno-tehnicheskij vestnik informatsionnyh tehnologij, mehaniki i optiki*, 2018, vol. 18, no. 1, pp. 106–112. (In Russ.)
2. Batova M.M. et al. Methodology and practical tools for digital transformation of high-tech enterprises. *MIR (Modernizatsija. Innovatsii. Razvitie)*, 2019, vol. 10, no. 4, pp. 543–560. (In Russ.)
3. Miller A.E., Reutova T.I. Assessment of the state and development of production technologies in the manufacturing industry. *Vestnik Sibirskoj gosudarstvennoj avtomobil'no-dorozhnoj akademii*, 2018, vol. 15, no. 1 (59), pp. 132–140. (In Russ.)
4. Oborin M.S. The influence of agricultural enterprises on the socio-economic development of depressed areas. *Vestnik Marijskogo gosuniversiteta. Serija «Sel'skohozjajstvennye nauki. Ekonomicheskie nauki»*, 2018, vol. 4, no. 3 (15), pp. 114–122. (In Russ.)
5. Amelin S.V., Schetinina I.V. Organization of production in the digital economy. *Organizator proizvodstva*, 2018, vol. 26, no. 4, pp. 7–18. (In Russ.)
6. Tkachenko K.S., Skatkov I.A., Skidan A.A. Model of the functioning of the primary meter in the conditions of the trend of metrological characteristics. *Ekologicheskaja, promyshlennaja i energeticheskaja bezopasnost' – 2017: Materialy NPK s mezhdunarodnym uchastiem*, Sevastopol', 2017, pp. 1349–1353. (In Russ.)
7. Tkachenko K.S. Building an information system of a manufacturing enterprise based on computer nodes. *Dostizhenija i prilozhenija sovremennoj informatiki, matematiki i fiziki: materialy VIII Vserossijskoj zaochnoj NPK*, Ufa, 2019, pp. 154–159. (In Russ.)
8. Tkachenko K.S., Skatkov I.A. Flow-structured approach to building distributed environments of monitoring systems. *Sistemy kontrolja okružhajuschej sredy*, 2017, no. 9 (29), pp. 41–44. (In Russ.)
9. Tkachenko K.S. Application of parametric adjustment of computer nodes of information and communication infrastructure of modern enterprises. *Novoe v nauke i obrazovanii: materialy mezhdunarodnoj ezhegodnoj nauchno-praktičeskoj konferentsii*, Moskva, 2020, pp. 112–114. (In Russ.)
10. Tkachenko K.S. Quality control of job processing by homogeneous computer nodes of the information circuit of an industrial enterprise. *Problemy sertifikatsii, upravlenija kachestvom i dokumentatsionnogo obespečenija upravlenija: materialy vserssijskoj nauchno-praktičeskoj konferentsii*, Krasnojarsk, 2020, pp. 119–122. (In Russ.)

*Received 09.09.2020*