

DOI: 10.25987/VSTU.2019.88.65.002

УДК 621:338

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

**О.О. Шендрикова**

Воронежский государственный технический университет  
Россия, 394026, Воронеж, Московский пр-т, 14

**И.Ф. Елфимова**

Воронежский государственный технический университет  
Россия, 394026, Воронеж, Московский пр-т, 14

**Введение.** Одной из основных тенденций развития экономики на сегодняшний день выступает цифровизация. Цифровизация является современным этапом развития информатизации, в котором преобладают цифровые технологии работы с данными, реализуемые посредством применения новых технических средств и программных решений. Применение цифровых технологий, обусловлено рядом преимуществ, которые получает предприятие при их использовании, однако отмечается и ряд негативных моментов в работе предприятия в связи с его цифровизацией. В целом, цифровизация российских промышленных предприятий является закономерным процессом в условиях конкуренции на мировом рынке, в связи с чем встает вопрос о необходимости исследования процессов цифровизации и возможности оценки эффективности цифровой производственной системы.

**Данные и методы.** Авторами рассматривается понятие системы, уточняется понятие системы применительно к выбранной теме исследования. Выделяется ряд свойств, которые должны быть учтены при исследовании эффективности системы в разрезе исследования процессов цифровизации промышленных предприятий. Предлагаются показатели и методики оценки наиболее значимых свойств системы: эмерджентности, управляемости, устойчивости, адаптации, эффективности, чувствительности. Рассматривается возможность применения моделей теории автоматического управления (ТАУ) для оценки ряда из выявленных общесистемных свойств.

**Полученные результаты.** Определение параметров предложенных показателей исследования процессов цифровизации для конкретной системы предоставит возможность разработки средств воздействия на ее управляемость, а также обеспечит возможность перехода к постановке задач оптимизации функционирования системы. Дальнейшее изучение характеристик показателей предложенных свойств и выявление их взаимосвязей откроет перспективы для разработки инструмента управления процессом цифровизации промышленных предприятий.

**Заключение.** Предложенные в статье показатели определения общесистемных свойств могут быть положены в основу исследования как отдельных этапов процесса цифровизации предприятия, так и всего процесса в целом. Также с помощью предложенных показателей можно оценить эффективность сетей взаимосвязанных и взаимодействующих процессов

**Ключевые слова:** цифровизация, оценка, процесс, эффективность, промышленное предприятие

---

### Сведения об авторах:

**Олеся Олеговна Шендрикова** (канд. экон. наук, [olishendro@yandex.ru](mailto:olishendro@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0001-8975-2660>), доцент кафедры экономики и управления на предприятии машиностроения.

**Ирина Фёдоровна Елфимова** (канд. экон. наук, доцент, [irel@list.ru](mailto:irel@list.ru)), доцент кафедры экономики и управления на предприятии машиностроения.

### On authors:

**Olesya O. Shendrikova** (Cand. Sci. (Economy), [olishendro@yandex.ru](mailto:olishendro@yandex.ru), <https://orcid.org/0000-0001-8975-2660>), Assistant Professor of the Chair of Economics and Management at Machine Construction Enterprises.

**Irina F. Elfimova** (Cand. Sci. (Economy), Assistant Professor, [irel@list.ru](mailto:irel@list.ru)), Assistant Professor of the Chair of Economics and Management at Machine Construction Enterprises.

**Для цитирования:**

Шендрикова О.О., Елфимова И.Ф. Исследование процессов цифровизации промышленных предприятий // Организатор производства // Организатор производства. 2019. Т.27. № 1. С. 16-24. DOI: 10.25987/VSTU.2019.88.65.002

**THE STUDY OF PROCESSES RELATED TO DIGITALIZATION OF INDUSTRIAL ENTERPRISES**

**O.O. Shendrikova**

Voronezh State Technical University  
14, Moskovsky Av., Voronezh, 394026, Russia

**I.F. Elfimova**

Voronezh State Technical University  
14, Moskovsky Av., Voronezh, 394026, Russia

**Introduction.** Today, digitalization is one of the main trends in the economic development. Digitalization is the current stage in the development of informatization, which is dominated by digital data processing technologies, implemented through the use of new technical tools and software solutions. The application of digital technologies is owing to a number of advantages, gained by enterprises using them. However, there are also a number of negative aspects, noted in the enterprise work, in connection with its digitalization. On the whole, the digitalization of Russian industrial enterprises is a logical process in a competitive world market. In this connection, the question arises regarding the need for investigating the digitalization processes and the possibility of assessing the efficiency of a digital production system.

**Data and methods.** The author examines the concept of a system and clarifies it with reference to the selected subject of research. A number of properties are singled out, which must be considered when investigating the system efficiency in the context of studying the digitalization processes of industrial enterprises. The indicators and methods are proposed for assessing the most significant properties of the system, i.e. emergence, controllability, stability, adaptation, efficiency and sensitivity. The paper considers the possibility of using the models of automatic control theory to assess a number of the identified system-wide properties.

**Results.** The definition of the proposed indicator parameters of investigating digitalization processes for a specific system will provide the opportunity to develop the tools for impacting its controllability, and ensure the possibility of transition to setting the tasks of optimizing the system operation. Further study of characteristics, related to indicators of the presented properties, and highlighting their interrelations will open up prospects for developing the tools for managing the digitalization of industrial enterprises.

**Conclusion.** The indicators of determining the system-wide properties, proposed in the article, may form the basis for investigating the particular stages of enterprise digitalization and the process as a whole. Besides, using the proposed indicators, it is possible to assess the efficiency of networks of interrelated and interacted processes

**Key words:** digitalization, assessment, process, efficiency, industrial enterprise

**For citation:**

Shendrikova O.O., Elfimova I.F. (2019) The study of processes related to digitalization of industrial enterprises. *Organizator proizvodstva* = Organizer of Production, 27(1), 16-24. DOI: 10.25987/VSTU.2019.88.65.002 (in Russian)

**Введение**

На сегодняшний день в качестве одной из основных тенденций развития экономики выступает цифровизация. С момента выхода в 2017 году распоряжения Правительства Российской Федерации от 28 июля № 1632-р и утверждения программы «Цифровая экономика Российской

Федерации» резко возросла активность всех органов и субъектов управления государством по ее реализации, в связи с чем на промышленных предприятиях во главу угла были поставлены вопросы их цифровизации.

В обобщенном смысле, цифровизацию можно рассматривать как процесс внедрения

цифровых технологий генерации, передачи, хранения, обработки, визуализации данных во все сферы человеческой деятельности, в том числе экономику [1,2]. Цифровизация является современным этапом развития информатизации, в котором преобладают цифровые технологии работы с данными, реализуемые посредством применения новых технических средств и программных решений.

Переход промышленных предприятий на использование цифровых технологий и постепенный уход от использования традиционных информационных технологий представляет собой процесс цифровизации предприятия. Применение цифровых технологий, например таких, как «промышленный интернет вещей» (Industrial Internet of Things – IIoT), обусловлено рядом преимуществ, которые получает предприятие при их использовании [3,4,5]:

- повышение оперативности управления предприятием;
- повышение гибкости производства посредством возможности его быстрой перенастройки;
- информационная интеграция этапов жизненного цикла производимой продукции;
- возможность комплексного решения вопросов оптимизации производства, повышения качества, экологичности и безопасности производимой продукции;
- сокращение сроков подготовки производства;
- снижение длительности производственного цикла;
- уменьшение количества и длительности внеплановых простоев оборудования, увеличение уровня его загрузки;
- снижение эксплуатационных расходов и повышение энергоэффективности;
- повышение производительности труда.

В качестве негативных моментов цифровизации промышленных предприятий отмечают [1]:

- повышение уровня зависимости производства от используемых цифровых технологий;
- существенное снижение роли персонала в процессе принятия корректирующих решений в течение производственного процесса;
- снижение возможности оперативного влияния работников на производственные процессы;

- высокая стоимость цифрового оборудования, обусловленная повышением требований к его надежности и устойчивости.

Однако несмотря на минусы применения цифровых технологий и цифрового оборудования, цифровизация российских промышленных предприятий является закономерным процессом в условиях конкуренции на мировом рынке, в связи с чем встает вопрос о возможности оценки эффективности процессов цифровизации промышленных предприятий.

### Понятие системы

Помимо опосредованной оценки эффективности результатов цифровизации в целом, связанной с положительной динамикой изменения показателей темпов роста выпуска продукции, прибыли, рентабельности, качества выпускаемой продукции, затрат на единицу продукции и т.д., возникает необходимость в подборе и разработке конкретных показателей, с помощью которых можно будет оценить не конечный результат, а непосредственно процесс протекания цифровизации предприятия на различных его этапах.

Оптимизация процессов цифровизации зависит от понимания того, каким образом системой создаются результаты. В данном случае под системой понимается производственная система, функционирующая на основе применения цифровых технологий (цифровая производственная система). Прогнозируемые результаты цифровизации могут быть достигнуты более эффективно и результативно, когда деятельность управляется как взаимосвязанные процессы, которые функционируют как согласованная система [6]. В связи с вышеизложенным, оценка эффективности процесса цифровизации должна базироваться на выработке общесистемных свойств цифровой производственной системы и их показателей, на основании значений которых будет проводиться исследование процессов. Таким образом, в статье будет предложен набор общих системных свойств и ряд показателей, применяемых для их характеристики, с целью исследования процессов цифровизации.

В литературных источниках [6,7,8] представлено множество определений и понятий термина «система». Исходя из задачи, поставленной в данной статье, под системой будет пониматься [6]:

$$S = \langle A, R \rangle, \quad (1)$$

где  $\langle \rangle$  кортеж (упорядоченная последовательность);  $A$  – множество элементов  $A = \{a_i\}$ ;  $R$  – множество связей между элементами  $R = \{r_j\}$ , а также:

$$S = \langle A, QS, R \rangle, \quad (2)$$

где  $QS$  – свойства системы.

### **Определение набора общесистемных свойств и показателей исследования процессов**

Анализ литературных источников позволил среди общих системных свойств процессов выделить ряд свойств, которые в обязательном порядке должны быть учтены при исследовании эффективности системы  $S$  [6]:

1. Свойство эмерджентности ( $QS,1$ ) – представляет собой возникновение у системы новых свойств, отсутствующих у ее элементов. Эмерджентность имеет несколько основных аспектов своего проявления:

- свойства целого (системы  $S$ )  $Q_s$  не являются простой суммой свойств  $q_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) составляющих ее  $n$  элементов (частей):

$$Q_s \neq \sum_{i=1}^n q_i; \quad (3)$$

- свойства целого (системы  $S$ ) зависят от свойств элементов (частей), ее составляющих:

$$Q_s = f(q_i); \quad (4)$$

- элементы, объединенные в систему, чаще всего изменяют часть своих свойств, присущих им вне системы, или полностью их утрачивают, при этом в составе системы ими приобретаются новые свойства.

В контексте данной статьи эмерджентность цифровой производственной системы проявляется, например, в возможности оптимизации затрат на организацию взаимодействия всех участников процесса производства посредством применения SMAC технологий [9] или оперативной перестройки сферы деятельности предприятия за счет применения в процессе производства продукции когнитивных моделей, робототехники, искусственного интеллекта.

2. Свойство управляемости ( $QS,2$ ) – представляет собой способность системы к переходу от существующего состояния к состоянию с заданными параметрами. Задачами управления в таком контексте являются: стабилизация (удержание системы в отчетном состоянии в условиях влияния возмущающих воздействий), целеполагание (определение необходимого поведения или состояния системы), слежение (удержание пара-

метров системы на заданной траектории развития в условиях изменения управляемых величин); выполнение программы (приведение системы в требуемое состояние, когда значения управляемых величин меняются по детерминированным законам), оптимизация (приведение системы в состояние с конкретными значениями характеристик и удержание ее на заданном уровне при наличии дополнительных условий и ограничений).

Определение показателей для оценки управляемости системы и последующей оценки процесса цифровизации целесообразно проводить посредством применения моделей ТАУ (теории автоматического управления). В работах [10,11,17] подробно рассмотрены возможности оценки управляемости процессов (на примере инвестиционного процесса и процесса функционирования системы экстренной помощи), на конкретных примерах с помощью ТАУ проведено исследование влияния звеньев и принципов управления на результат процесса управления.

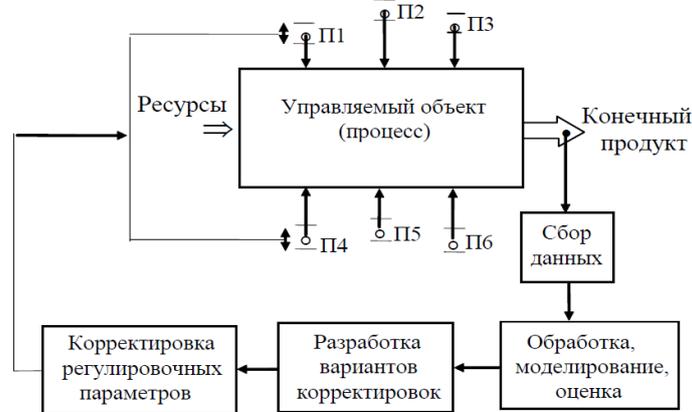
Необходимо отметить, что цифровая производственная система, как и любая система, может быть представлена в виде управляемой системы, датчика состояния, блока управляющих воздействий и элемента сравнения, т.е. в виде совокупности элементов следящей системы [17], и на концептуальном уровне может быть рассмотрена как следящая система.

Модельное представление подобных систем описано в работе [17], на рисунке представлена блок-схема процесса управления такой системы. Процесс управления, в таком случае, осуществляется в рамках системы адаптивного управления, в условиях неизвестности детерминистических функциональных соотношений между входным воздействием и изменением параметров конечного объекта управления. Следовательно, процесс управления реализуется посредством задания некоторого набора параметров. Предполагается, что количественные и качественные показатели функционирования объекта управления будут соответствовать заданным требованиям, если конкретные выбранные параметры функционирования системы поддерживаются в установленных нормативных пределах [17].

Процесс управления, в таком случае, осуществляется в рамках системы адаптивного управления, в условиях неизвестности детерми-

нистических функциональных соотношений между входным воздействием и изменением параметров конечного объекта управления.

Следовательно, процесс управления реализуется посредством задания некоторого набора параметров.



Блок-схема управления адаптивной системы  
Adaptive system control block diagram

Предполагается, что количественные и качественные показатели функционирования объекта управления будут соответствовать заданным требованиям, если конкретные выбранные параметры функционирования системы поддерживаются в установленных нормативных пределах [17].

Для организационных систем, таких как цифровая производственная система, в качестве вышеописанных параметров могут выступать, например, показатели ресурсного обеспечения.

В соответствии с рисунком, цифровая производственная система содержит контур обратной связи, в котором обеспечивается систематический сбор данных о состояниях системы и параметрах ее функционирования (показателях эффективности деятельности промышленного предприятия). Полученные данные обрабатываются, оцениваются в соответствии с разработанными моделями и служат базой для разработки корректирующих воздействий в процессе управления системой. На основе разработанных корректировок проводится регулирование и изменение нормативных параметров (рисунок, П1-П6), обеспечивается дальнейшее поддержание отрегулированных параметров в новых установленных пределах.

Для характеристики свойства управляемости процессов в терминах ТАУ используется критерий Калмана [11], применимый для линейных систем.

Если имеется некоторая линейная стационарная система, представление которой в пространстве состояний имеет вид:

$$(x) = Ax + Bu, \quad (5)$$

где  $x$  – вектор-столбец переменных состояния размерностью  $n$ ;  $u$  – вектор-столбец управлений размерностью  $m$ ;  $A, B$  – постоянные матрицы коэффициентов соответствующих размерностей.

В таком случае, полная управляемость объекта будет охарактеризована соблюдением условия (необходимый и достаточный признак):

$$\text{rank} [B \ AB \ A^2B \ \dots \ A^{n-1}B] = n \quad (6)$$

Свойство управляемости непосредственно сопряжено со свойством наблюдаемости системы [11].

При исследовании нелинейных систем, динамика изменения которых укладывается в применении нелинейных дифференциальных или разностных уравнений, в ряде случаев (при малых изменениях переменных) возможно перейти к анализу линеаризованной нелинейной системы без потери особенностей поведения. Если же происходит исследование системы, не позволяющей выполнить такое упрощение в силу присущих ей особенностей, применяется оценка условий управляемости и наблюдаемости нелинейных систем [16].

Таким образом, в соответствии с заданной структурой системы  $S$ , каждому элементу системы ставится в соответствие обоснованно выбранная передаточная функция. После опре-

деления конкретных численных значений коэффициентов передаточных функций или их интервальных значений определяют значения показателей свойств самой системы.

3. Свойство устойчивости (QS,3) – представляет собой возможность возвращаться к исходному равновесному состоянию после того, как система была выведена из него в результате влияния внешних или внутренних факторов. По результатам применения математической модели, описанной в литературном источнике [12], оценка данного свойства системы выполняется на основе получения данных модельной интерпретации понятия управления и его соответствующих свойств.

В контексте определения эффективности процесса цифровизации предприятия на основе ТАУ могут быть разработаны и реализованы такие динамические модели, как деятельность функционального подразделения в процессе применения цифровых технологий, достижение запланированных показателей эффективности после внедрения цифровых технологий, формирование плановых темпов изменения для двух взаимодействующих подразделений в процессе их цифровизации и т.д.

Математически устойчивость системы может быть представлена функцией [12]:

$$W(s) = R(s)/D(s) \quad (7)$$

Характеристический полином замкнутой системы управления равен:

$$D(s) = a_0s^n + a_1s^{n-1} + a_2s^{n-2} + \dots + a_{n-1}s + a_n \quad (8)$$

Далее возможно использование различных критериев интерпретации результатов. На пример, при применении критерия Рауса [13] заполняется соответствующая таблица, отображающая значения коэффициентов характеристического уравнения:

- первая строка таблицы содержит коэффициенты с четными индексами в порядке их возрастания;

- вторая строка состоит из коэффициентов с нечетными индексами;

- оставшиеся элементы таблицы определяются по формуле [13]:

$$c_{k,i} = c_{k+1,i-2} - r_i c_{k+1,i-1}, \quad (9)$$

где  $r_i = c_{1,i-2}/c_{1,i-1}$ ,  $i \geq 3$  – номер строки,  $k$  – номер столбца.

- количество строк таблицы на единицу больше порядка характеристического уравнения.

Вид таблицы при использовании критерия устойчивости Рауса [13]  
Table view using sustainability criteria Raus [13]

$r_i$	$i \backslash k$	1	2	3	4
-	1	$c_{11} = a_0$	$c_{21} = a_2$	$c_{31} = a_4$	...
-	2	$c_{12} = a_1$	$c_{22} = a_3$	$c_{32} = a_5$	...
$r_3 = c_{11}/c_{12}$	3	$c_{13} = c_{21} - r_3 c_{22}$	$c_{23} = c_{31} - r_3 c_{32}$	$c_{33} = c_{41} - r_3 c_{42}$	...
$r_4 = c_{12}/c_{13}$	4	$c_{14} = c_{22} - r_4 c_{23}$	$c_{24} = c_{32} - r_4 c_{33}$	$c_{34} = c_{42} - r_4 c_{43}$	...
...	...	...	...	...	...

Система считается устойчивой, когда все элементы первого столбца таблицы Рауса имеют одинаковый знак.

4. Свойство адаптации (QS,4) – представляет собой способность системы приспосабливаться к постоянно изменяющимся условиям внешней среды. В процессе подобного приспособления происходит изменение количественных характеристик параметров системы, ее поведения, управляющих воздействий, связанных с сохранением или достижением заданных параметров функционирования системы.

Определение показателей для оценки адаптации системы в процессе применения цифровых технологий также целесообразно реализовать посредством ТАУ. За основу данных, подлежащих

определению при оценке адаптации, целесообразно принимать показатели, соответствующие изменениям устойчивости, целостности, управляемости, чувствительности и эффективности системы, возникающим в результате адаптации к новым условиям.

5. Свойство эффективности (QS,5) – это комплексное свойство, которое условно можно охарактеризовать как соотношение достигнутых результатов функционирования системы и использованных в процессе их достижения ресурсов. В отношении процесса цифровизации предприятия эффективность системы может быть оценена на различных этапах: на этапе цифровизации рабочих мест, цифровизации участков, цехов, служб и отделов,

создания на предприятии информационной среды, базирующейся на применении цифровых технологий. На каждом этапе может быть проведено и оценено соотношение затрат на разработку или приобретение цифровой техники и/или технологий, подбор и обучение персонала, настройку и перенастройку информационных потоков участков/цехов/отделов с остальными звеньями предприятия вне зависимости от уровня их цифровизации и т.д. и результатов работы структурной единицы (в качестве которых могут служить данные об объемах производимой продукции, производительности труда, темпах изменения выручки, прибыли, фондоотдачи и т.д.).

Свойства эффективности процессов также целесообразно охарактеризовать посредством применения ТАУ. Для этого необходимо определить ряд показателей. Для нахождения переходных состояний системы  $S$  по переходной функции  $h(t)$  рассчитываются показатели [14]:

- установившееся значение переходной функции:

$$h_{\infty} = \lim_{t \rightarrow \infty} h(t); \quad (10)$$

- время регулирования  $t_p$  (показатель быстродействия системы):

$$t_p = \min_{t \geq 0} \{t | h(t) - h_{\infty} \leq \delta h_{\infty}\}; \quad (11)$$

где  $\delta$  – число (обычно  $\delta = 0,05$ );

- перерегулирование:

$$\sigma = (h_{\max} - h_{\infty}) / h_{\infty} \cdot 100\%, \quad (12)$$

где  $h_{\max}$  – максимальное значение переходной функции  $h(t)$ ;

- число колебаний  $h(t)$  за время переходного процесса:

$$N_k = t_p / T_k, \quad (13)$$

где  $T_k$  – период колебаний;  $N_k$  – число полных колебаний  $h(t)$  за время  $t_p$ .

Показателем целевой эффективности системы в установившемся режиме является ее ошибка [14]:

$$\delta = \max |y_{tr}(t) - y(t)|, \quad (14)$$

и является одной из форм функции соответствия (14).

Если цель выражают как требуемое значение результата выполнения процесса  $Y_{tr}$ , то для количественного описания соответствия результата  $Y(u)$  используют числовую функцию соответствия на множестве допустимых стратегий управления  $\{U\}$ ,  $u \in U$ , определяемую [14]:

$$\rho = \rho(Y(u), Y_{tr}), \quad (15)$$

При этом конкретный вид данной функции зависит от цели процесса и задачи исследования.

Показателями ресурсной эффективности будут являться различные функционалы, основные из которых представлены в работе [14].

6. Свойство чувствительности (QS,6) – изменение системой значений своих показателей и свойств при отклонении одного или нескольких ее параметров от номинальных значений.

Для оценки чувствительности используют разложение функции  $W(\xi)$ , описывающей значение некоторого показателя определенного свойства системы, в степенной ряд в окрестности номинального значения параметра элемента  $\xi_0$  [15]. Такое разложение без учета остаточного члена ряда, то есть в первом приближении, имеет вид:

$$W(\xi) = W(\xi_0) + [\partial W(\xi) / \partial \xi]_{(\xi = \xi_0)} (\xi - \xi_0) \quad (16)$$

При малых изменениях величины параметра элемента  $(\xi - \xi_0)$  изменение функции в линейном приближении равно:

$$\Delta W = W(\xi) - W(\xi_0) = [\partial W(\xi) / \partial \xi]_{(\xi = \xi_0)} \Delta \xi, \quad (16)$$

где  $[\partial W(\xi) / \partial \xi]_{(\xi = \xi_0)}$  – чувствительность;  $\Delta \xi = (\xi - \xi_0)$  – приращение величины параметра элемента.

Когда происходит изменение ряда параметров, оценку чувствительности проводят посредством разложения функций, описывающих показатели чувствительности системы, в кратный ряд Тейлора.

#### Ожидаемые результаты применения показателей оценки общесистемных свойств и исследования процессов

Таким образом, рассмотренные в статье общесистемные свойства и их показатели могут быть применены при оценке эффективности системы  $S$ , под которой, как отмечалось в работе, понимается цифровая производственная система. Определение параметров предложенных показателей для конкретной системы предоставит возможность разработки средств воздействия на ее управляемость, а также обеспечит возможность перехода к постановке задач оптимизации ее функционирования. Дальнейшее изучение характеристик показателей представленных свойств, а также выявление их взаимосвязей является перспективной задачей, требующей систематизации накопленного опыта в области оценки эффективности производственных систем, а также позволяющей по-новому представить принцип

системного подхода к управлению системой. Выделение этапов процесса цифровизации предприятия, применение вышеописанных показателей на каждом из выделенных этапов являются перспективным инструментом в управлении процессом цифровизации промышленных предприятий, а также дают возможность добиться более ощутимого эффекта от цифровизации при минимальных потерях ресурсов.

### Заключение

Таким образом, предложенные в статье показатели определения общесистемных свойств могут быть положены в основу исследования как отдельных этапов процесса цифровизации предприятия, так и всего процесса в целом. Также с помощью предложенных показателей можно оценить эффективность сетей взаимосвязанных и взаимодействующих процессов.

В целом, цифровизация промышленных предприятий представляет собой трудоемкий процесс. Во многом это обусловлено специфичностью продукции, выпускаемой промышленными предприятиями, их технической и организационной сложностью, сложностью конструктивных и технологических решений, применяемых в производстве. Как уже было отмечено, цифровизация российской экономики и промышленных предприятий в частности является закономерным процессом на фоне обострения международной конкуренции, в особенности учитывая переход данной конкуренции в военно-политическую плоскость. Очевидной является значимость государственной поддержки в реализации и регулировании процессов и результатов цифровизации как отдельно взятых отраслей промышленности, так и экономики страны в целом. В свою очередь, эффективная цифровизация промышленных предприятий будет способствовать решению актуальных в настоящее время задач увеличения темпов роста производительности труда в промышленности и создания импортозамещающих производств.

### Библиографический список

1. Плотников В.А. Цифровизация производства: теоретическая сущность и перспективы развития в российской // «Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета». № 4 (112). 2018. С. 16-24.

2. What is digital economy? Unicorns, transformation and the internet of things [Электронный ОРГАНИЗАТОР ПРОИЗВОДСТВА. 2019. Т. 27. № 1

ресурс]: URL: <https://www2.deloitte.com/mt/en/pages/technology/articles/mt-what-is-digital-economy/html>

3. Цифровизация, промышленный интернет вещей и Индустрия 4.0. [Электронный ресурс]: URL: [https://neftegaz.ru/tech\\_library/view/5098-Tsifrovizatsiya-promyshlennyj-internet-veschey-i-Industriya-4.0](https://neftegaz.ru/tech_library/view/5098-Tsifrovizatsiya-promyshlennyj-internet-veschey-i-Industriya-4.0).

4. Industrial Internet of Things – IIoT [Электронный ресурс]: URL: <http://www.tadviser.ru>

5. The Digital Economy in 5 Minutes [Электронный ресурс]: URL: <https://www.forbes.com/sites/koshagada/2016/06/16/what-is-digital-economy/#1268bfl7628>

6. Сторублев М.Л., Анисеева О.В., Ивахненко А.Г. Модель оценки гибкости процессов интегрированных систем менеджмента по времени при обеспечении их управляемости // Известия Юго-Западного государственного университета, 2013. №5. С. 141-147.

7. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник: Учеб. пособие для вузов / под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. М.: Высш. шк., 2004. 616 с.

8. Ивахненко А.Г. Системный анализ: учебное пособие для студентов вузов. Курск: Курский гос. технический ун-т, 2008. 134 с.

9. Бабкин А.В., Буркальцева Д.Д., Костень Д.Г., Воробьев Ю.Н. Формирование цифровой экономики в России: сущность, особенности, техническая нормализация, проблемы развития // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2017. Т. 10. №3. С. 9 - 25.

10. Лапушкин И.И. Разработка механизма управления структурой процессов в проектной организации: дисс. ... канд. экон. наук. Москва, 2014. 152 с.

11. Булыгина О.В., Емельянов А.А., Емельянова Н.З. Системный анализ в управлении рискованными проектами с применением специальных шкал (на примере процессов инвестирования) // Прикладная информатика, 2016. №5 (65). С. 31-61.

12. Пономарёв В.М. Методы и средства повышения безопасности и устойчивости функционирования железнодорожного транспорта в чрезвычайных ситуациях: дисс. ... д-ра техн. наук. Москва, 2011. 416 с.

13. Методы классической и современной теории автоматического управления. Т.1 Ма-

тематические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления / под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГТУ, 2004. 655 с.

14. Белоглазов Д.А., Бублей С.Е. Критерии функционирования систем автоматического управления // Известия ЮФУ. Технические науки. 2010. № 7(108). С. 185-191.

15. Глаголев М.В. Анализ чувствительности модели // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. 2012. Т.3. № 3. С. 31-53.

16. Жирабок А.Н. Анализ наблюдаемости и управляемости нелинейных динамических систем линейными методами // Известия РАН. Теория и системы управления. 2010. №1. С. 10-17.

Поступила в редакцию – 2 ноября 2018 г.

Принята в печать – 22 марта 2019 г.

### References

1. Plotnikov V.A. Digitalization of production: theoretical nature and development prospects in the Russian economy. "News of St. Petersburg State University of Economics". № 4 (112). 2018. p. 16-24.
2. What is digital economy? Unicorns, transformation and the internet of things. URL: <https://www2.deloitte.com/mt/en/pages/technology/articles/mt-what-is-digital-economy/html>
3. Digitalization, Industrial Internet of Things and Industry 4.0. [Electronic resource]. Access mode: [https://neftegaz.ru/tech\\_library/view/5098-Tsifrovizatsiya-promyshlennyj-internet-veschey-Industriya-4.0](https://neftegaz.ru/tech_library/view/5098-Tsifrovizatsiya-promyshlennyj-internet-veschey-Industriya-4.0).
4. Industrial Internet of Things – IIoT. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.tadviser.ru>
5. The Digital Economy in 5 Minutes/ URL: <https://www.forbes.com/sites/koshagada/2016/06/16/what-is-digital-economy/#1268bfl7628>
6. Storublev M.L., Anikeeva O.V., Ivakhnenko A.G. (2013) Model for assessing the flexibility of integrated time management system processes while ensuring their manageability. News of the South-West State University. №5. 141-147.
7. System analysis and decision making: Dictionary-Handbook: Proc. manual for universities / ed. V.N. Volkova, V.N. Kozlov. Moscow.: Higher. school., 2004. 616 p.
8. Ivakhnenko A.G. System analysis: a textbook for university students. Kursk: Kursk State. Technical University, 2008. 134 p.
9. Babkin A.V., Burkaltseva D.D., Kosten D.G., Sparrows Yu.N. (2017) Formation of digital economies in Russia: essence, features, technical normalization, development problems. Scientific and technical statements SPbGPU. Economics. 10(3) 9 - 25.
10. Lapushkin I.I. Development of a mechanism for managing the structure of processes in a project organization: diss. ... Cand. econ sciences. Moscow, 2014. 152 p.
11. Bulygina O.V., Yemelyanov A.A., Emelyanova N.Z. (2016) System analysis in the management of risky projects using special scales (on the example of investment processes). Applied Informatics. 5(65). 31-61.
12. Ponomarev V.M. Methods and means of improving the safety and sustainability of rail transport in emergency situations: Diss. ... Dr. Techn. sciences. Moscow, 2011. 416 p.
13. Methods of classical and modern theory of automatic control. V.1 Mathematical models, dynamic characteristics and analysis of automatic control systems / ed. K.A. Pupkova, N.D. Yegupova. 2nd ed., Pererab. and add. Moscow: Publishing House of Moscow State Technical University. 2004. 655 p.
14. Beloglazov D.A., Bublely S.E. (2010) Criteria for the functioning of automatic control systems. News SFU. Technical science. 7 (108). 85-191.
15. Glagolev M.V. (2012) Model sensitivity analysis. Environment dynamics and global climate change. 3(3). 31-53.
16. Girabock A.N. (2010) Analysis of the observability and controllability of nonlinear dynamic systems by linear methods. News of the Russian Academy of Sciences. Theory and control systems. 1. 10-17.

Received – 2 December 2018.

Accepted for publication – 22 March 2019.