

Научная статья

Статья в открытом доступе

УДК 519: 658.514.4

doi: 10.30987/2658-4026-2024-3-271-279

## Визуальная интерпретация парадигмы управления организационной системой с разнородными производственными ресурсами

Михаил Алексеевич Ивлев<sup>1✉</sup>, Дмитрий Евгеньевич Рябов<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>. Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева; Нижегородская область, Нижний Новгород, Россия

<sup>1</sup> ivlev-ma@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8039-7543>

<sup>2</sup> dmetrei.ryabov@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0005-6238-880X>

### Аннотация.

Объектом исследования является разработка формализованного механизма управления организационной системой, которая реализует комплексную производственную деятельность, включающую разные виды промышленного производства, и применяет соответствующие им разнородные ресурсы. Предмет исследования статьи – важная промежуточная стадия этой разработки, представляющая собой абстрактную интерпретацию предложенной ранее авторами парадигмы оптимального управления ограниченными ресурсами такой организационной системы. Интерпретация позволит обоснованно сформировать строгую математическую модель объектов и процессов управления. Механизм управления в любой предметной области, предусматривающий принятие управленческих решений лицами, на то уполномоченными, должен иметь эргономическую проработку и соответствующее информационное обеспечение этих решений. Роль такого обеспечения играет так называемая результатная информация – информация о характеристиках текущего и планируемого состояний объекта управления (в решаемой задаче – производительности ресурсов организационной системы). Представляется целесообразным осуществить такую эргономическую и информационную проработку проектируемого проблемно-ориентированного механизма управления в виде визуальной интерпретации его содержательной концепции. Прототипом средств такой интерпретации выбраны графические образы, используемые в моделировании и проектировании технических систем, развитые в данной работе на область управления в организационных системах с разнородными ресурсами. В статье приведены примеры их применения, демонстрирующие возможность наглядного представления текущего состояния организационной системы и множества её возможных управляемых состояний.

**Ключевые слова:** организационная система, управление, разнородные ресурсы, эргономический аспект

**Для цитирования:** Ивлев М.А., Рябов Д.Е. Визуальная интерпретация парадигмы управления организационной системой с разнородными производственными ресурсами // Эргодизайн. №3 (25). 2024. С. 271-279. <http://dx.doi.org/10.30987/2658-4026-2024-3-271-279>.

Original article

Open access article

## Visual Interpretation of the Managing Paradigm of an Organizational System with Heterogeneous Production Resources

Mikhail A. Ivlev<sup>1✉</sup>, Dmitry E. Ryabov<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>. Nizhny Novgorod State Technical University; the Nizhny Novgorod Region, Nizhny Novgorod, Russia

<sup>1</sup> ivlev-ma@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8039-7543>

<sup>2</sup> dmetrei.ryabov@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0005-6238-880X>

### Abstract.

The object of the study is developing a formalized mechanism for managing an organizational system that implements complex production activities, including different types of industrial production, and applies the corresponding heterogeneous resources. The subject of the article is an important intermediate stage of this development, which is an abstract interpretation of the optimal management paradigm of limited resources of such an organizational system,

proposed earlier by the authors. The interpretation will allow reasonably forming a strict mathematical model of objects and control processes. The management mechanism in any subject area, providing for adopting management decisions by people authorized to do so, must have an ergonomic development and appropriate information support for these decisions. The so-called result information plays the role of such support, that is the information on the characteristics of the current and planned states of the management object in the problem being solved which is the productivity of the organizational system resources. It seems advisable to carry out such ergonomic and information development of the designed problem-oriented management mechanism in the form of a visual interpretation of its substantive concept. The prototype of such interpretation tools is graphic images used in modelling and designing technical systems, developed in this work in the field of management in organizational systems with heterogeneous resources. The article provides examples of their application, demonstrating the possibility of visual representation of the current state of the organizational system and the set of its possible controlled states.

**Key words:** organizational system, management, heterogeneous resources, ergonomic aspect

**For citation:** Ivlev M.A., Ryabov D.E. Visual Interpretation of the Managing Paradigm of an Organizational System with Heterogeneous Production Resources // Ergodesign. 2024;3(25):271-279. <http://dx.doi.org/10.30987/2658-4026-2024-3-271-279>.

## Введение

Для научно-производственных предприятий (НПП) приборо- и машиностроения узким местом цикла «проектирование-производство» является стадия изготовления разработанных прототипов изделий на имеющейся технологической базе предприятия. Резкий рост потребности в объеме и номенклатуре продукции таких НПП в настоящее время, в первую очередь по государственному заказу, требования существенного сокращения сроков поставок вызывают необходимость эффективно использовать имеющиеся производственные ресурсы (оборудование, технологические линии), не дожидаясь их увеличения или модернизации. В работах [1],[2] приведен пример фаз производственного процесса, реализуемых разными видами производства [3], и показано, что *эвристическая* загрузка таких ресурсов - ресурсов организационной системы (ОС) в разных фазах, характеризующихся разными трудоемкостями, может привести к неэффективному функционированию производства (наличие простоев оборудования, ограниченная величина выработки, нарушение принципов «бережливого производства»). Проблема требует *формализованного* решения. Рассмотрим возможность решения этой проблемы на основе применения проектного подхода [4],[5], в рамках которого предложены методы ресурсного управления ОС. При анализе учтем тот факт, что фазы цикла производства изделий в рассматриваемых отраслях требуют задействования специфических (разных в разных фазах инструментально-технологических средств – *разнородных* (см. [6]) ресурсов): ресурсы одной фазы не могут применяться в другой фазе (примеры: станок с ЧПУ фазы обрабатывающего производства и

паяльные станции фазы сборочного производства). Отметим также и то, что указанные *производственные фазы* рассматриваются далее как как *неделимые части* производственного цикла, которым в проектном подходе соответствуют термины *работы* [4],[5].

Результаты анализа приведены в табл.1. Они показывают отсутствие возможности применения известных методов и средств проектного подхода в управлении ОС с разнородными ресурсами, что свидетельствует об актуальности темы данного исследования.

## 1. Материалы, модели, эксперименты, методы и методики

С позиций ресурсного подхода обеспечение эффективности ОС в этом случае возможно на основе предлагаемого *согласованного дифференцированного управления* производительностью (выработкой) указанных ресурсов. Настоящее исследование базируется на материалах – предложенной авторами в работах [1],[2] новой концепции управления ОС, продолжает практику использования ресурсного метода разработки формализованных механизмов управления ими (управление ОС посредством воздействия на её ресурсы) [5],[7],[8] и представляет вариант его развития на основе применения и адаптации к решаемым задачам эргономических методов и средств, используемых в других формально подобных предметных областях.

Выполнение требований эргономики в усложняющейся внутренней и внешней среде НПП призвано обеспечить субъекту управления адекватную оценку (идентификацию) состояния объекта управления – задача начальной стадии процесса управления. Её решение в данном случае осложняется групповым характером

субъекта, принимающего решения (СПР), в виде «межфункциональной группы» [9]. Значит описание объекта управления должно быть *инвариантным к компетенциям отдельных лиц СПР*. Кроме того, в цифровой экономике состояния ОС НПП описываются дискретными моделями, а их количество (пространство состояний объекта управления), представляет конечное

множество. При принятии субъектом управления решений о переводе ОС из состояния, не удовлетворительное для него, в другое (оптимальное, рациональное) целесообразно представить ему *информацию о множестве управляемых состояний ОС*, усвоение и применение которой должно осуществляться без перегрузки его когнитивных механизмов.

**Таблица 1**

**Сравнение возможностей применения методов и средств проектного подхода к управлению организационными системами с однородными и неоднородными ресурсами**

*Table 1*

*Comparison of the possibilities of using methods and tools of the project approach to managing organizational systems with homogeneous and heterogeneous resource*

Области Применения	Область применения известных подходов к ресурсному управлению	Рассматриваемая область ресурсного управления
Особенности		
Вид рассматриваемых ресурсов организационной системы	<i>Однородные</i> (одинаковые, одни и те же)	<i>Разнородные</i> [6] (разные, неодинаковые)
Критерий деления ресурсов на виды	Есть возможность использования ресурса в разных работах	Невозможно использование ресурса в разных работах
Характер ресурсной проблемы, вызывающей необходимость управления	Ресурс, назначенный на одновременное выполнение нескольких работ (100% загрузка на каждую), не может их выполнить	Ресурсы, относящиеся к разным работам в их комплексе, имеют различную выработку, что ограничивает темп производства всего комплекса наименее производительной работой и вызывает задержку (простой) выполнения работы с более производительным ресурсом.
Применение принципа управления как <i>выравнивание</i> ресурсов: «один ресурс – одна работа»	Позволяет решить указанную ресурсную проблему	Не позволяет решить указанную ресурсную проблему
Применение преобразования плана работ с «назначение ресурса на несколько работ одновременно (проблемный ресурс)» на «поочередное назначение того же ресурса на эти работы»	Возможно, т.к. «проблемные» работы однородные (примененные на них «проблемные» ресурсы – однородные)	Невозможно, т.к. «проблемные» работы разнородные (примененные на них «проблемные» ресурсы – разнородные).

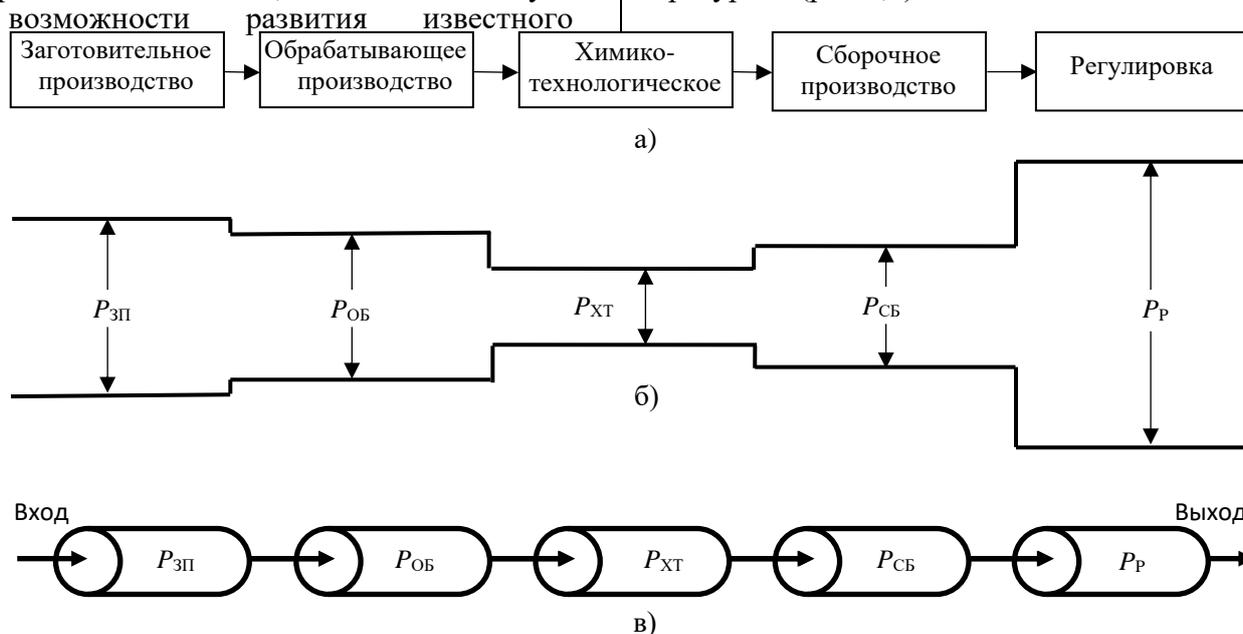
## 2. Результаты

Перечисленные выше требования к формализованной интерпретации предлагается выполнить на основе реализации одного из принципов эргономического подхода к организации управленческой деятельности человека в любой ее сфере –

*визуализации* характеристик объектов и процессов управления [10]. Средства визуализации (эквивалентные схемы, иерархические структуры, электрические и тепловые цепи, сетевые диаграммы и т.д.) широко применяются при проектировании и управлении различными техническими и организационными системами и во многом

именно поэтому обеспечивают их успешную реализацию [11]. В работе в качестве прототипов таких средств выбраны эквивалентные схемы описания задач согласования характеристик каскадов обработки сигналов электронных устройств СВЧ [12] в виде канала со ступенчато изменяющейся (в соответствии с параметрами согласования) шириной и *цепочечные* схемы структуры электронных устройств [13]. Указанные объекты моделирования формально подобны рассматриваемым ресурсным аспектам ОС, что свидетельствует

о возможности развития известного абстрактного визуального описания таких устройств на область решаемой задачи управления. На рис.1 приведена базовая визуальная интерпретация ресурсного аспекта ОС на примере каскадных фаз производства в области электронного приборостроения [2] (рис.1,а), визуализация величин производительности соответствующих ресурсов (показано качественно шириной канала) (рис.1,б) и цепочечная схема указанных фаз с индикацией производительности соответствующих ресурсов (рис.1,в).



**Рис.1. Каскадная структура фаз производства (а) и прототипы их абстрактных образов: каналная (б) и цепочечная (в) визуальные модели фаз с индикаторами производительности  $P$**

**Fig.1. Cascade structure of production phases (a) and prototypes of their abstract images: channel (б) and chain (в) visual phase models with performance indicators**

Конкретная детализация визуальных моделей по данным, приведённым в табл.2 [2], раскрыта на рис.2. Различная трудоемкость технологических операций на имеющемся оборудовании (ресурсах фаз производства) определяет их различную выработку. Разработка визуальных интерпретаций

осуществляется далее одновременно с ее применением на примерах решения практических задач, рассмотренных в [2]. В табл.2 приведены параметры исходного (базового) ресурсного состояния ОС (пятидневная рабочая неделя по 8 час в день).

**Таблица 2**

**Пример фаз – последовательных стадий мультипроекта технологического процесса, загрузки и производительности их ресурсов [2]**

**Table 2**

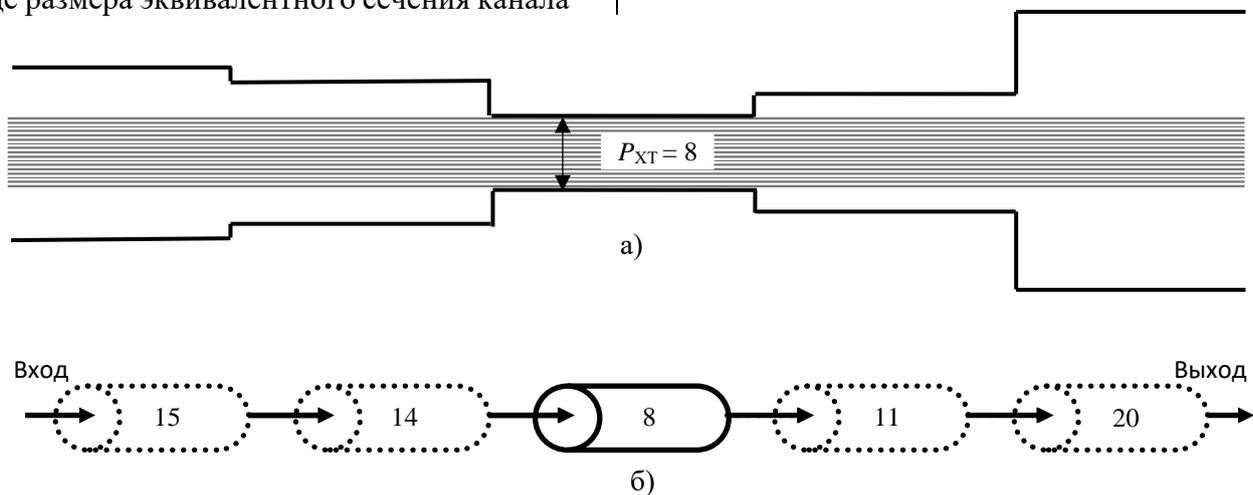
**An example of phases - successive stages of a multi-project technological process, load and performance of their resources [2]**

Виды производства				
Заготовительное	Обрабатывающее	Химико-технологическое	Сборочное	Регулировка
$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$	$i=5$
Базовый план (5 рабочих дней по 8 час): длительность рабочей недели, мин/нед.				

2400	2400	2400	2400	2400
Трудоемкость изготовления изделий по фазам, мин/шт				
156	170	284	208	120
Базовый план: производительность (выработка) в неделю, шт/нед.				
$P_{зп}$	$P_{об}$	$P_{хт}$	$P_{сб}$	$P_{р}$
15	14	8	11	20

В соответствии с данными табл.2 общая производительность ограничена минимальной величиной (8 шт. изделий в неделю). Тогда концептуальная визуальная модель (рис.1) принимает конкретный вид (рис.2). Здесь в канальной модели (рис.2,а) показана критическая фаза, ограничивающая производительность (ее размерность здесь и далее на рисунках опущена) всей цепи производства, и визуализирована ее величина в виде размера эквивалентного сечения канала

– его «пропускной способности». В цепочечной схеме (рис.2,б) представлены: критическая фаза с величиной производительности ее ресурса (графический образ со сплошными границами) и фазы с частично загруженными ресурсами (графические образы с пунктирными границами). Видно, что производительности ресурсов по фазам не согласованы, что вызовет простой ресурсов (в первой, второй, четвертой и пятой фазах производства).

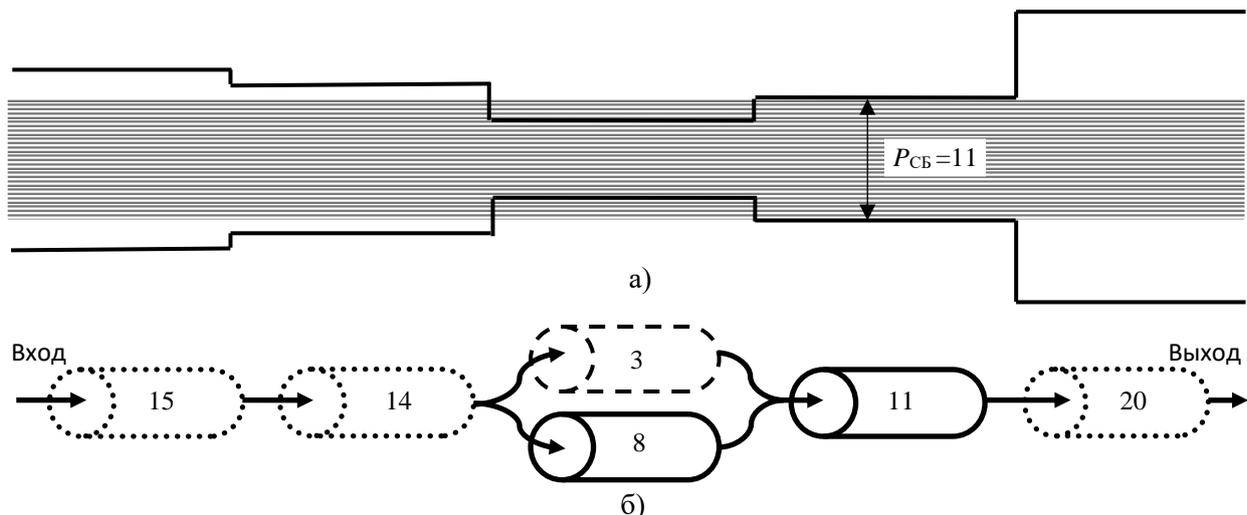


**Рис.2. Соответствующие фазам производства (рис.1,а): канальная (а) и цепочечная (б) модели ресурсов ОС с индикацией их общей и частных производительностей**  
**Fig.2. Corresponding to the production phases (Fig. 1,a): channel (a) and chain (б) models of OS resources with indication of their general and private productivity**

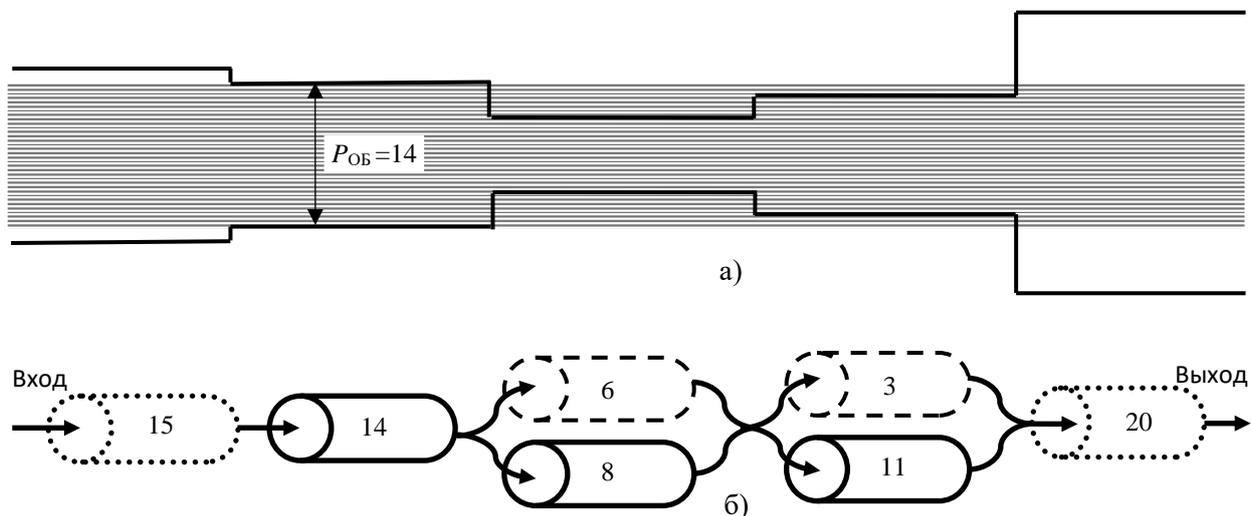
Повышение эффективности ОС в соответствии с концепцией [2] достигается увеличением времени (по сравнению с базовым планом, в примере – 2400 мин/нед.) применения ресурсов с низкой производительностью, что можно трактовать как включение *дополнительных* ресурсов в соответствующих фазах. На рис.3 приведен пример формализованной схемы ресурсного состояния ОС, соответствующий увеличению выработки ресурсов в фазе химико-технологического производства на три изделия в неделю (дополнительный ресурс показан элементом цепи со штриховым контуром), что привело к выравниванию выработки ресурсов в третьей и четвертой фазах. На канальной модели (рис.3,а) показано ее сечение, эквивалентное общей для всех фаз

«используемой» производительности всех ресурсов (11 шт./нед.).

На рис.4 приведена формализованная схема ресурсного состояния ОС, соответствующая увеличению производительности в двух фазах (до 14 шт. изделий в неделю). При этом рис.4,а демонстрирует расширение сечения канала, а рис. 4,б – необходимые для этого дополнительные ресурсы (два элемента цепи с штриховыми контурами) с соответствующими величинами их производительности, критическую фазу, определяющую общую производительность процесса (второй элемент цепи со сплошным контуром). В первой и пятой фазах потенциальная производительность ресурсов реализуется лишь частично (имеют место ее неиспользуемые резервы).



**Рис.3. Канальная модель ресурсов ОС с визуализацией производительности всего процесса и цепочная модель с дополнительным ресурсом (элемент с штриховым контуром)**  
**Fig.3. Channel model of OS resources with visualization of the performance of the entire process and chain model with an additional resource (element with a dashed outline)**



**Рис.4. Визуальные модели ресурсов ОС с дополнительными ресурсами в третьей и четвертой фазах**

**Fig.4. Visual models of OS resources with additional resources in the third and fourth phases**

Следующий вариант из множества управляемых ресурсных состояний ОС представлен на рис.5. Здесь дополнительные ресурсы, согласованные с ресурсом первой фазы, введены во второй, третьей и четвертой фазах. Это увеличивает общую производительность процесса до 15 шт./нед., что иллюстрируется дальнейшим расширением эквивалентного сечения канальной модели. Ресурсы в пятой фазе (фаза регулировки) используются с простоями.

На рис.6 представлена визуальная интерпретация состояния ОС, при котором нет неиспользуемых резервов во всех фазах, а производительности их ресурсов кроме производительности ресурсов пятой фазы увеличены до величины последней.

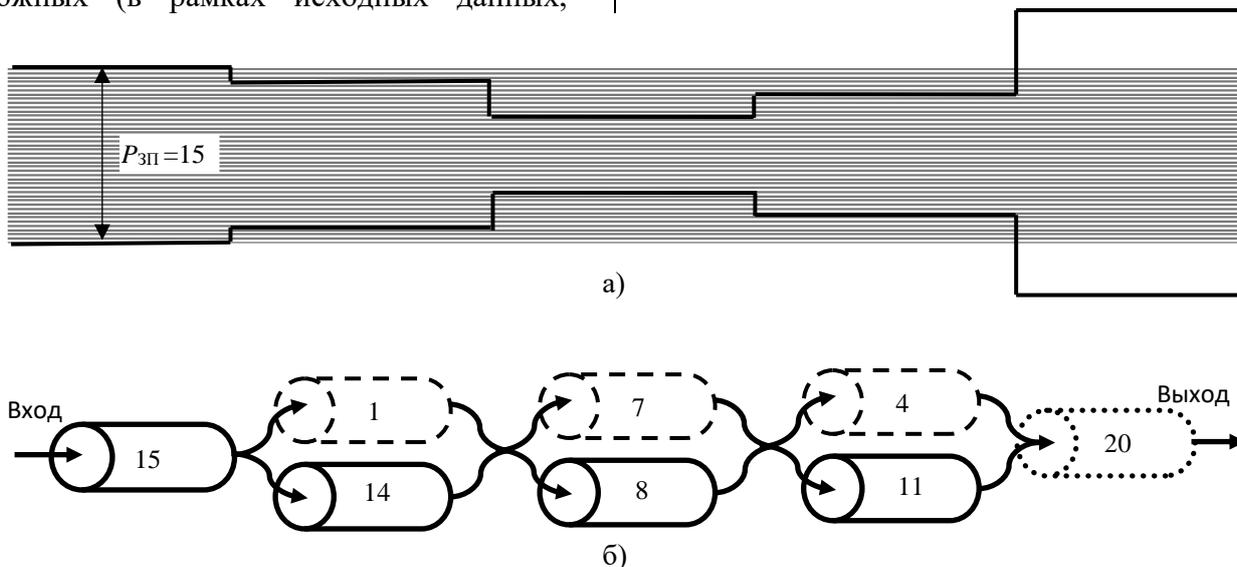
### Обсуждение/Заключение

1. Полученные результаты визуализации, проиллюстрированные на простых для понимания практических примерах, показывают их инвариантность по отношению к компетенциям специалистов, видам производства в его фазах и описывают только организационные аспекты производства, не затрагивая изменений его специальных технологических параметров.

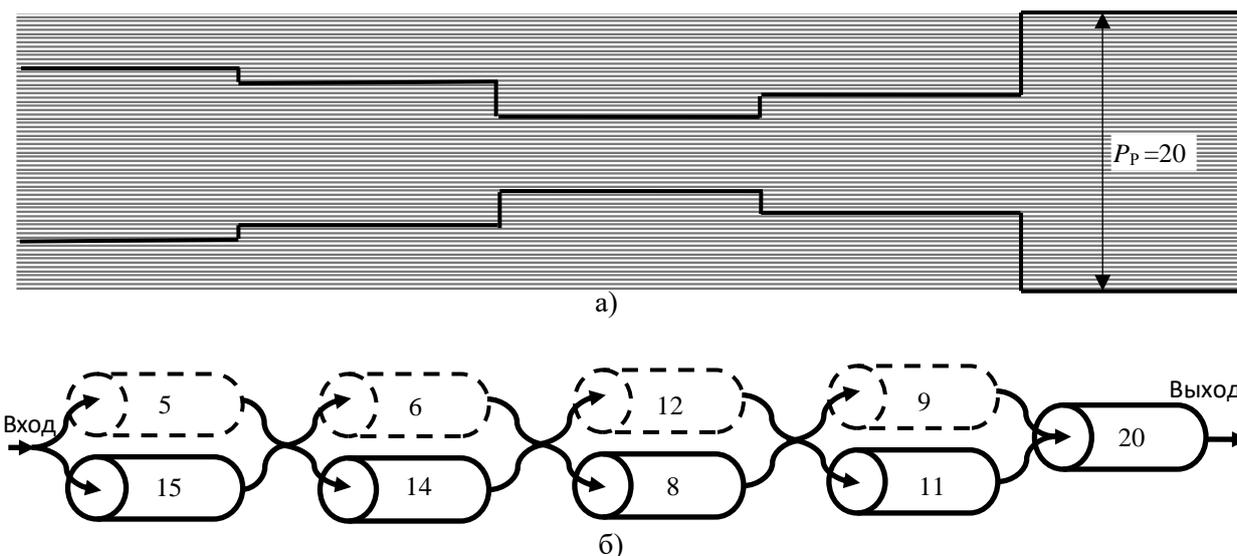
2. Новизна полученных результатов состоит в том, что в отличие от известных ресурсных связей между однородными ресурсами (например, связей в диаграммах Гантт-ресурсов [5]) впервые введены и графически отображены связи между

разнородными ресурсами, что позволило на их основе сформировать визуальные модели, представляющие полное конечное множество возможных (в рамках исходных данных,

см.табл.2) управляемых субъектом организационной системы её ресурсных состояний.



**Рис.5. Визуальные модели рационального (по определению [2]) ресурсного состояния ОС**  
**Fig.5. Visual models of rational (by definition [2]) resource state of the OS**



**Рис.6. Визуальные модели оптимального ресурсного состояния ОС**  
**Fig.6. Visual models of the optimal resource state of the OS**

3. В приведенных вариантах состояний ОС однозначно визуализирован её наилучший (оптимальный) по критерию загрузки имеющихся ресурсов без простоев (резервов), имеющих место в базовом плане, т.е. с точки зрения производителя (однокритериальная оптимизация).

4. Предлагаемый подход имеет принципиальное ограничение по величине максимальной выработки производственного процесса, а именно, она лимитируется увеличением времени работы наименее производительного ресурса с базовой величины 40 час в неделю до максимально возможного значения - 24x7 часов в неделю и

составит для рассматриваемого примера 33 изделия в неделю (24x7x8/40). Это ограничение отражает факт использования только имеющегося оборудования без его пополнения или модернизации.

5. Поскольку загрузка ресурсов сверх базового варианта (40 час/нед) сопряжена с ростом дополнительных затрат на единицу продукции (оплата сверхурочных, работы в выходные дни), выбор конкретного варианта состояния ОС и соответствующие ему сроки поставки, цену продукции необходимо согласовать с заказчиком, финансирующим данный заказ, т.е. учесть предпочтения

покупателя продукции (выполнить бикритериальную оптимизацию).

б. В работе представлены визуальные образы управляемых ресурсных состояний организационной системы как возможные

варианты её «конструкции», задачи разработки формализованных «технологий» принятия соответствующих управленческих решений являются темой дальнейших исследований.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. **Ивлев М.А., Рябов Д.Е.** Анализ факторов эффективности управления организационными системами, реализующими мультипроектную научно-производственную деятельность // *Современные наукоемкие технологии*. 2023. № 8. С. 27-32. DOI 10.17513/SNT.39726. EDN DQKAEY.
2. **Ивлев М.А.** Разработка концепции повышения эффективности организационных систем мультипроектного научно-производственного предприятия // *Современные наукоемкие технологии*. 2024. № 2. С. 20-25. DOI 10.17513/snt.39726. EDN DQKAEY.
3. **ГОСТ 14.004-83.** Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий. М.: Стандартинформ, 2009. 9 с.
4. **Аверина Т.А., Баркалов С.А., Баутина Е.В. и др.** Азбука управления проектами. Старый Оскол: Тонкие наукоемкие технологии, 2019, 328 с. ISBN 978-5-94178-616-9.
5. **Иванов В.** Искусство оптимизации ресурсов от 1988 года до наших дней. URL: <https://www.microsoftproject.ru/2015/06/Art-of-resource-leveling.html> (дата обращения: 29.05.2024).
6. **Ожегов С.И.** Словарь русского языка. Под ред. Н.Ю. Шведовой. М.: Рус., яз., 1990. 921 с. ISBN 5-200-01088-8.
7. **Новиков Д.А.** Теория управления организационными системами. М.: URSS, 2022. 500 с. ISBN 978-5-9710-9459-3.
8. **Ризванов Д.А.** Методологические основы принятия решений при управлении ресурсами в сложных системах // *Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова*. 2018. Т. 21. № 4. С. 200-207. DOI 10.22213/2413-1172-2018-4-200-207. EDN YTZIBF.
9. **Перспективное планирование качества продукции и план управления.** APQP. Ссылочное руководство. Перевод с английского второго издания от июля 2008 г. Н.Новгород: ООО СМЦ "Приоритет", 2012. 221 с. ISBN 978-5-98366-037-3. EDN QUTCII.
10. **Исаев Р.А.** Повышение когнитивной ясности графовых моделей представления знаний и принятия решений с применением визуализации // *Эргодизайн*. 2021. №1 (11). С. 27-35. DOI 10.30987/2658-4026-2021-1-27-35. EDN GUGHXA.
11. **Ивлев, М. А.** Методология и технологии управления социально-экономическими системами при проектировании и развитии инновационного продукта : специальность 05.13.10 "Управление в социальных и экономических системах" : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Ивлев Михаил Алексеевич. – Уфа, 2014. – 32 с. – EDN ZPJPOL.
12. **Баранов С.А.** Устройства СВЧ и антенны: учеб. пособие для высших учебных заведений. М.: Горячая линия-Телеком, 2022. 344 с. ISBN 978-5-9912-0753-9.
13. **Малинин Л.И.** Теория электрических цепей: учебное пособие для вузов. Москва: Издательство Юрайт, 2024. 345 с. URL: <https://urait.ru/bcode/536925> (дата обращения: 29.05.2024).

#### REFERENCES

1. **Ivlev M.A., Ryabov D.E.** Analysis of the Efficiency Factors of the Management of Organizational Systems Implementing Multi-Project Scientific and Production Activities. *Modern High Technologies*. 2023;8:27-32. DOI 10.17513/SNT.39726.
2. **Ivlev M.A.** Development of Concept for Increasing Efficiency of Organizational Systems of a Multi-Project Research and Production Enterprise. *Modern High Technologies*. 2024;2:20-25. DOI 10.17513/snt.39726.
3. **State Standard 14.004-83.** Technological Preparation of Production. Terms and Definitions of Basic Concepts. Moscow: Standartinform; 2009. 9 p.
4. **Averina TA, Barkalov SA, Bautina EV, et al.** ABC of Project Management. Stary Oskol: Tonkiye Naukoyemkiye Tekhnologii; 2019. 328 p.
5. **Ivanov V.** The Art of Resource Optimization from 1988 to the Present Day [Internet] [cited 2024 May 29]. Available from: <https://www.microsoftproject.ru/2015/06/Art-of-resource-leveling.html>.
6. **Ozhegov S.I.** Dictionary of the Russian Language. Shvedova NYu, editor. Moscow: Russkii iazyk; 1990. 921 p.
7. **Novikov D.A.** Theory of Management of Organizational Systems. Moscow: URSS; 2022. 500 p.
8. **Rizvanov D.A.** Methodological Bases of Decision Support for Resource Management in Complex Systems. *Bulletin of Kalashnikov ISTU*. 2018;21(4):200-207. DOI 10.22213/2413-1172-2018-4-200-207.
9. **Advanced Product Quality Planning and Control Plan Reference Manual.** Translated from English; 2-nd ed. Nizhny Novgorod: Priority; 2012. 221 p.
10. **Isaev R.A.** Improving the Cognitive Clarity of Graph Models of Knowledge Representation and Decision-Making Using Visualization. *Ergodesign*. 2021;1(11):27-35. DOI 10.30987/2658-4026-2021-1-27-35.
11. **Ivlev M.A.** Methodology and Technologies for Management in Social and Economic Systems in Designing and Developing an Innovative Product. Extended Abstract of the Doctor of Technical Sciences Thesis. Ufa; 2014.
12. **Baranov S.A.** Microwave Devices and Antennas. Moscow: Hot Line-Telecom; 2022. 344 p.
13. **Malinin L.I.** Theory of Electrical Circuits [Internet]. Moscow: Yurait Publishing House; 2024 [cited 2024 May 29]. Available from: <https://urait.ru/bcode/536925>.

**Информация об авторах:**

**Ивлев Михаил Алексеевич** – доктор технических наук, доцент, тел. 89519024468, профессор кафедры «Компьютерные технологии в проектировании и производстве» Нижегородского государственного технического университета (НГТУ) им. Р.Е. Алексеева, международные идентификационные номера автора: Scopus-Author ID 55130537800, Research- ID-Web of Science AAB-9431-2020, Author-ID: 505750, SPIN-код: 4580-7832.

**Рябов Дмитрий Евгеньевич** – аспирант НГТУ им. Р.Е. Алексеева, тел. 89049045504.

**Information about the authors:**

**Ivlev Mikhail Alekseevich** – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, ph. 89519024468, Professor at the Department of Computer Technologies in Design and Production of Nizhny Novgorod State Technical University (NSTU), the author's international identification numbers: Scopus-Author ID: 55130537800, Research-ID-Web of Science: AAB-9431-2020, Author-ID: 505750, SPIN-code: 4580-7832.

**Ryabov Dmitry Evgenievich** – postgraduate student of Nizhny Novgorod State Technical University, ph. 89049045504.

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

**The authors declare no conflicts of interests.**

Статья поступила в редакцию **02.05.2024**; одобрена после рецензирования **13.05.2024**; принята к публикации **14.05.2024**. Рецензент – Падерно П.И., доктор технических наук., профессор Санкт-Петербургского государственного технического университета («ЛЭТИ им. В.И. Ульянова-Ленина»), член редакционного совета журнала «Эргодизайн»

**The paper was submitted for publication on the 02<sup>nd</sup> of May, 2024; approved after the peer review on the 13<sup>th</sup> of May, 2024; accepted for publication on the 14<sup>th</sup> of May, 2024. Reviewer** – Paderno P.I, Doctor of Technical Sciences, Professor of Saint Petersburg Electrotechnical University “LETI”, member of the editorial board of the journal “Ergodesign”.

**ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!****Образец ссылок на патенты и изобретения в журнале «Эргодизайн»**

Авторское свидетельство № 1714653 А1 СССР, МПК G09В 9/00. Тренажер руководителя группы операторов: № 4827305: заявл. 21.05.1990: опубл. 23.02.1992 / С. А. Багрецов, Г. М. Попов, И. С. Давыдов; заявитель Пушкинское высшее училище радиоэлектроники противовоздушной обороны. – EDN JKEIP1.

Авторское свидетельство № 1608732 А1 СССР, МПК G09В 9/00. Имитатор отметок целей для тренажера операторов АСУ: № 4622468: заявл. 20.12.1988: опубл. 23.11.1990 / С. А. Багрецов, Н. М. Воронов, А. Н. Романов, А. А. Филимонов; заявитель Пушкинское высшее училище радиоэлектроники противовоздушной обороны. – EDN LRLAHZ.

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017611084 Российская Федерация. Программа выбора оптимальных вариантов обучения военных специалистов на этапе ввода в строй: № 2016660200: заявл. 27.09.2016: опубл. 19.01.2017 / Э. В. Мищенко, В. М. Гусаков, С. А. Багрецов, И. Ю. Воронков. – EDN IPRIBM.