

Научная статья

Статья в открытом доступе

УДК 519: 658.514.4

doi: 10.30987/2658-4026-2025-4-425-432

Эргономический подход к интерактивному управлению организационной системой высокотехнологичного предприятия

Михаил Алексеевич Ивлев^{1✉}, Дмитрий Евгеньевич Рябов²

^{1,2} Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева; Нижегородская область, Нижний Новгород, Россия

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

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

Аннотация.

Предметной областью исследования выбрано высокотехнологичное промышленное производство, характерными особенностями которого являются каскадная структура стадий производства, различия (разнородность) ресурсов по видам производства и по трудоемкости выполняемых операций и «большой объем данных», не позволяющий реализовать эффективное ресурсное управление организационной системой предприятия на основе эвристических решений её субъекта. Цель исследования: создать инструмент специализированной системы интерактивного управления, сочетающий алгоритмические и эвристические аспекты принятия управленческих решений и реализующий эргономический подход к управлению. Работа продолжает исследования в направлении формирования эффективных механизмов ресурсного управления, основана на применении и развитии графических описаний объектов управления – их формализованных схем, базируется на принципах разработки виртуальной среды управления и опирается на методы построения эргономичных человеко-машинных комплексов. Поставленная цель в рамках указанных подходов достигнута посредством разработки проблемно-ориентированной виртуальной панели управления, построенной с учетом требований эргономики и технической эстетики и позволяющей осуществить интерактивное управление организационной системой в виртуальной вычислительной среде. Панель имеет органы управления, позволяющую субъекту задавать начальные условия решаемой ресурсной задачи и индикаторы, визуально отображающие полученные формализованные решения. Приведены примеры применения разработанного инструмента в решении вариантов практических задач ресурсного управления организационной системой.

Ключевые слова: организационные системы, управление ресурсами, эргономика управления, виртуальная панель управления

Для цитирования: Ивлев М.А., Рябов Д.Е. Эргономический подход к интерактивному управлению организационной системой высокотехнологичного предприятия // Эргодизайн. 2025. №4 (30). С. 425-432. <http://dx.doi.org/10.30987/2658-4026-2025-4-425-432>.

Original article

Open access article

Ergonomic Approach to Interactive Management of High-Tech Enterprise Organizational System

Mikhail A. Ivlev^{1✉}, Dmitry E. Ryabov²

^{1,2} Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia

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

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

Abstract.

The subject area of the study is high-tech industrial manufacturing characterized by cascaded production stages, heterogeneity of resources by production types and labour intensity of operations, as well as large volumes of data preventing efficient resource management of the enterprise organizational system solely based on heuristic solutions. The aim of the study is to create a tool for interactive management that integrates algorithmic and heuristic aspects of

management decision-making and implements an ergonomic approach to management. Building on prior research aimed at developing effective resource management mechanisms, the current work applies and develops graphic representations of managed objects, namely their formalized schemes, based on virtual environment design principles and drawing on methods for constructing ergonomic human-computer interfaces. The authors achieve the stated objectives through developing a problem-oriented virtual control panel designed according to ergonomic and technical aesthetics requirements, enabling interactive management of the organizational system in a virtual computing environment. The panel features controls allowing users to set initial conditions for solving resource allocation tasks and indicators visually displaying formalized solutions. The work illustrates practical applications of the developed instrument in solving resource management problems with examples.

Keywords: organizational systems, resource management, ergonomic management, virtual control panel

For citation: Ivlev M.A., Ryabov D.E. Ergonomic Approach to Interactive Management of High-Tech Enterprise Organizational System. Ergodizayn [Ergodesign]. 2025;4(30):425-432. Doi: 10.30987/2658-4026-2025-4-425-432.

Введение

Объектом исследования выбрано абстрактное описание организационной системы (ОС) высокотехнологичного предприятия, характеризующегося связями типа «финиш-старт» между стадиями производства (СП) с разными по технологическим признакам (*разнородными*) и по величинам трудоемкости параметрами [1], [2]. Последние проявляются в том, что выработка конечной продукции определяется темпом выпуска промежуточного изделия наиболее загруженной СП, а остальные СП во избежание перепроизводства вынуждены функционировать с простоями. Поэтому важной задачей лиц, принимающих решения (ЛПР) – субъекта ОС, является выравнивание выработок во всех СП с увеличением конечной выработки до максимально возможной величины. Эта задача ставится и в известном подходе бережливого производства [3]. Её решение затруднено несоответствием имеющейся результатной информации (РИ) необходимой субъекту ОС. Предлагается сформировать РИ как множество планов практических действий по выравниванию выработок во всей совокупности СП на основе оптимизации использования (загрузки) их узкопрофильного технологического оборудования (*разнородных ресурсов*) посредством взаимодействия ЛПР с объектом управления в виртуальной вычислительной среде [4], [5]. Такое интерактивное взаимодействие должно быть эргономичным, для этого максимальное количество видов операций должно осуществляться вычислительными средствами, а интерфейс взаимодействия – учитывать особенности ЛПР [6].

Целью настоящей работы является создание инструмента интерактивного управления, сочетающего алгоритмические и эвристические аспекты принятия управленческих решений и реализующего эргономический подход к управлению.

Известны два пути достижения указанной цели: на основе универсальных средств

моделирования и управления и на основе их проблемно-ориентированных альтернатив. Первые средства обладают широкими возможностями формализованного описания различных объектов исследования во многих предметных областях. Однако обратной стороной их достоинств являются функциональная избыточность при решении конкретных задач, сложность построения графической модели, отсутствие ориентации на конкретного пользователя, высокие специальные требования к нему. Так, например, пользователи программы AnyLogic должны быть не только профессионалами в предметной области, но и специалистами в сфере программирования на языке высокого уровня [7], [8]. Кроме того, форма графических образов библиотеки компонентов моделей, обеспечивая указанную универсальность, не отражает вследствие этого их содержания, о чем свидетельствуют примеры вынужденного дополнения графики многочисленными текстовыми пояснениями, усложняющими модель [9]. Это не способствует осуществлению принципа визуализации построения систем управления производством [10]. Универсальные средства требуют последовательного выполнения двух этапов: разработки самим пользователем модели объекта управления в конкретной задаче и расчет его соответствующей реакции. В отличие от универсального проблемно-ориентированный путь предусматривает исключение первого этапа. Встроенная в его инструменты модель объекта управления предоставляет пользователю те возможности, которые необходимы и достаточны для решения его конкретных управленческих задач, что снижает сложность их решения. К таким подходам, решающим задачи ресурсного управления, относится, в частности, методология управления проектами [1]. Её инструментами являются автоматизированные системы управления проектами (АСУП), например, АСУП Spider Project [11]. Графические модели объектов

управления в АСУП – диаграммы Ганта, не претендуя на универсальность, выгодно отличаются от моделей AnyLogic: они эргономичны (их формы и цветовые решения обеспечивают построение интуитивно понятного – «дружеского интерфейса»), исключают необходимость настройки на решаемую проблему и не требуют от пользователей АСУП написания программных кодов. Однако АСУП обеспечивают решение проблем загрузки только *однородных* ресурсов и не могут быть применены в рассматриваемой предметной области [12].

$$T_i^D = TP_i * P_i - T^B, \quad i = 1, \dots, F, \quad (1)$$

где TP_i – трудоемкость работ в i -ой СП, F – количество СП в цикле производства, T^B – продолжительность базовой загрузки ресурса (40 час в неделю), P_i – выработка продукции в неделю.

$$P_{\min} = T^B / TP_{\max}. \quad (2)$$

а предельный темп выпуска ограничен той же СП, наибольшая выработка которой равна

$$P_{\max} = (T^B + T_{\max}^D) / TP_{\max}, \quad (3)$$

где TP_{\max} – максимальный дополнительный ресурс, используемый в СП, имеющей наибольшую трудоемкость. Для

$$T_i^D = TP_i * P_{\max} - T^B, \quad i = 1, \dots, F-1. \quad (4)$$

Темп выпуска продукции P' в диапазоне $P_{\min} < P' < P_{\max}$ рассчитывается по приведенным выражениям вычислительными средствами интерактивной системы управления в зависимости от возможности назначения времени T_i^D в каждой СП.

Результаты расчетов – требуемую РИ предлагается представить, а задание начальных условий реализовать на основе развития формализованной схемы ресурсного управления ОС [13].

2. Результаты

Коррекция формализованной схемы управления

Во-первых, как важный *содержательный аспект* РИ введем в её описание новый важный для принятия практических решений измеряемый в шкале наименований параметр – *вид дополнительного времени*: сверхурочная работа, вторая, третья смена, работа выходные дни.

Во-вторых, учтем, что в указанной последовательности видов дополнительного времени затраты на его использование возрастают, а предпочтения вследствие этого снижаются. Введём цветовое кодирование объектов формализованной схемы, обеспечивающее безошибочное «считывание» не только вида дополнительного ресурса, но и

1. Материалы, модели, эксперименты, методы и методики

Материал статьи продолжает известные исследования и опирается на ранее полученные авторами результаты. Так, выравнивание производительности ресурсов в СП предложено реализовать посредством задания для каждой из них определенной дифференцированной величины рабочего времени в течение рабочей недели, исчисляемого как дополнительное (к односменной – базовой загрузке) T_i^D рабочее время, т.е. имеющего смысл дополнительного ресурса ОС [2]

При отсутствии дополнительного ресурса во всех СП ($T_i^D = 0, i = 1, \dots, F$), выработка продукции минимальна и ограничивается СП, имеющей наибольшую трудоемкость (TP_{\max}),

достижения той же выработки остальными СП величины дополнительных ресурсов в них T_i^D должны быть равны

его индицируемые в порядковой шкале предпочтительности. Кодирование

предпочтительности предложено реализовать в соответствии с общепринятыми ассоциациями: хроматических цвета (четыре – по числу видов дополнительного времени) от зеленого цвета – наибольшая предпочтительность до красного – наименьшая [6].

С учетом предложенного (а также учитывая, что $T_{\max}^D = 128$ час/нед.) компоненты формализованной схемы примут вид виртуальной панели управления ОС (рис.1). Назначение дополнительного ресурса моделируется «органами управления» S^D . Двухцветное кодирование показывает два варианта его практической реализации (например, работа во второй или второй и третьей сменах) в зависимости от применения «меньших» временных компонентов. Заливка обозначения базового ресурса показывает его полную загрузку.

Применение развитой схемы управления организационной системы

Одной из областей применения предлагаемого подхода является производство радиоэлектронных средств (РЭС). Их виды представляют множество т.н. уровней разукрупнения, определяющих

систему их построения [14]. В табл.1 приведен укрупненный пример СП типовых РЭС уровня

«радиоэлектронное устройство» с характерными для них видами производства.

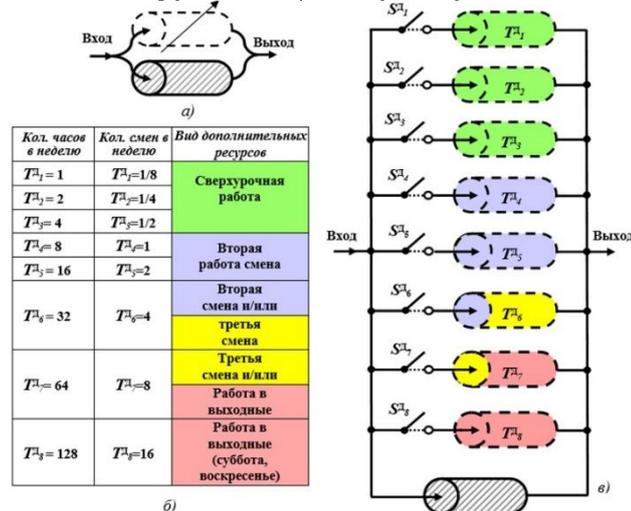


Рис. 1. Компоненты виртуальной панели управления ОС: а – обозначение базового (сплошной контур) и дополнительного (штриховой контур) управляемого ресурса, б – список дискретных величин и видов дополнительного времени (ресурса) в неделю, в – панель управления, соответствующая одной СП.

Fig. 1. Component of the virtual control panel of the OS: a – designation of the basic (solid outline) and additional (dashed outline) controlled resource, b – list of discrete values and types of additional time (resource) per week, c – control panel corresponding to one stage of production.

Таблица 1

Пример загрузки ресурсов по видам (стадиям) производства

Table 1

Example of resource loading by types (stages) of production

Виды производства в его стадиях				
Заготовительное	Обрабатывающее	Химико-технологическое	Сборочное	Регулировка
Основной 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

На рис. 2–4 приведены варианты виртуальной панели управления ОС, построенные по исходным данным табл.1 и отличающиеся начальными условиями задачи управления, которые вводятся ЛПР посредством установок органов управления

S^D_i в соответствующие положения. Остальные органы управления устанавливаются вычислительными средствами в положения, соответствующие расчётам T^D_i , выполненным по выражениям (1-4).

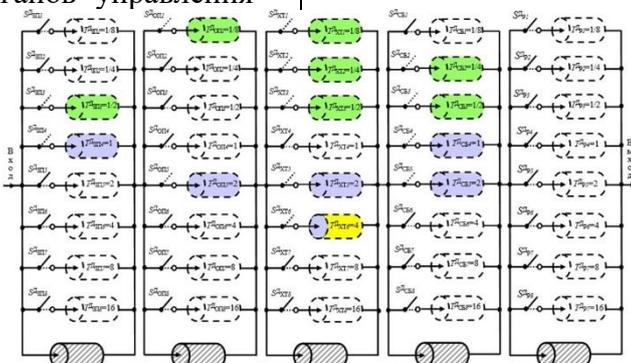


Рис. 2. Панель управления ОС, соответствующая условиям: полная загрузка базового ресурса во всех СП и исключение загрузки дополнительных ресурсов в СП 5. Выработка производства равна 20 шт./нед.

Fig. 2. The OS control panel corresponding to the conditions: full basic resource load in all stages and exclusion of additional resource load in the fifth stage.

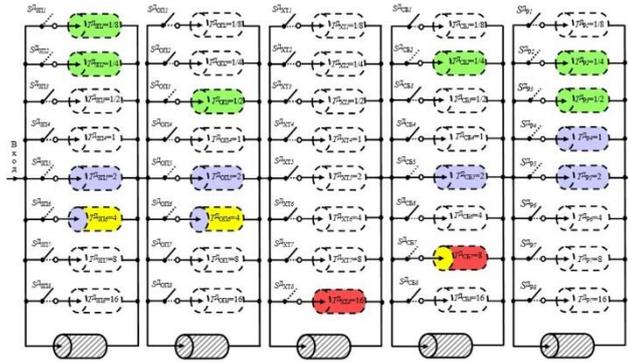


Рис. 3. Панель управления ОС, соответствующая условиям: полная загрузка базового ресурса во всех СП и максимальная загрузка дополнительных ресурсов в СП 3. Выработка производства максимальна и равна 35 шт./нед.

Fig. 3. The OS control panel, corresponding to the conditions: full loading of basic resource in all stages and maximum loading of additional resources in the third stage. Production output is maximum and equals 35 pcs./week.

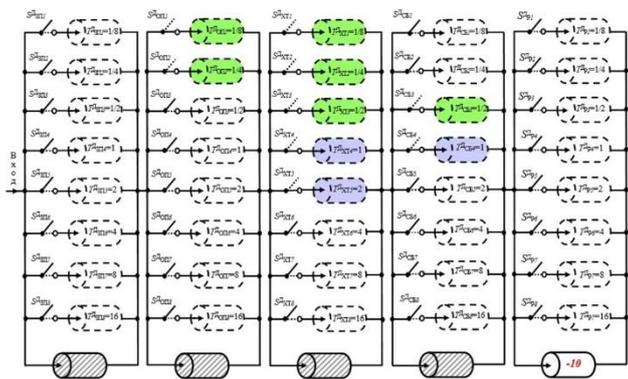


Рис. 4. Панель управления ОС, соответствующая условию исключения загрузки дополнительной ресурсов в первой стадии производства. Выработка производства равна 15 шт./нед. Загрузка ресурсов в пятой стадии – частичная, есть неиспользуемый резерв 10 час/нед.

Fig. 4. The OS control panel corresponding to the condition of excluding additional resource loading in the first stage of production. Production output is 15 units/week. Resource loading in the fifth stage is partial, there is an unused reserve equal to 10 hours/week.

Выполним эргономический анализ качества различных вариантов форм РИ, рассчитанной по исходным данным табл.1 с помощью универсальных средств моделирования (табл.2), на основе применения известных формализованных схем [13] (табл.3) и на основе предлагаемого эргономического подхода (рис.2). При этом учтем, что качество РИ в системах управления тем выше, чем меньше время, необходимое для ее формирования и восприятия ЛПР [15]. В рассматриваемой предметной области актуальным является получение ЛПР информации о том, в каких СП какой вид дополнительного рабочего времени и какое его количество требуется назначить (например, «в рабочую неделю дополнительно ввести три вторые рабочие смены плюс три часа сверхурочных»). Содержания РИ в её указанных вариантах идентичны (допущенные незначительные количественные различия обусловлены шагом

дискретизации в последних двух её вариантах). С целью анализа разобьём действия ЛПР на укрупненные составляющие по методике [15]. Результаты сравнительного анализа в пределах одной стадии производства приведены в табл.4, в которой временные оценки составляющих действий ЛПР определены по усредненным результатам их измерений, выполненных авторами на производстве радиоэлектронных изделий уровня «радиоэлектронный прибор» [14].

Данные табл. 4 в части предлагаемого эргономического подхода (третий вариант РИ) определены по методике [6]: скорость восприятия информации 2-3 бит/с, т.е. от $2^2 = 4$ признаков наблюдаемого объекта в секунду. В РИ (рис.2) в рамках одной СП объектов восприятия восемь с двумя вариантами информации: «назначено» дополнительное время или «не назначено», т.е. количество признаков шестнадцать. Тогда время t_6 восприятия 16 признаков / 4 признаков/с = 4 с.

Отметим, что время определения видов дополнительного времени зависит его количества: экспериментально получены следующие оценки этого времени: при $T^Д = 20$

час/нед $t_6 = 12$ с, при $T^Д = 70$ час/нед $t_6 = 31$ с, при $T^Д = 128$ час/нед. $t_6 = 84$ с. Для них в табл.4 приведены соответствующие временные оценки действий ЛПР.

Таблица 2

Форма РИ, определенной на основе универсального подхода

Table 2

The form of the resulting information obtained on the basis of the universal approach

Виды производства в его стадиях				
Заготовительное	Обрабатывающее	Химико-технологическое	Сборочное	Регулировка
Дополнительное время, мин/нед. (условие – исключение дополнительного времени в СП 5)				
720	1001	3288	1762	0

Таблица 3

Форма РИ, определенной по методике [13]

Table 3

The form of the resulting information determined by the methodology [13]

Код дополнительного ресурса (в неделю) по стадиям производства (СП)								
Разряды кода								
<i>j</i>	8	7	6	5	4	3	2	1
СП 1	0	0	0	0	1	1	0	0
СП 2	0	0	0	1	0	0	0	1
СП 3	0	0	1	1	0	1	1	1
СП 4	0	0	0	1	1	1	1	0
СП 5	0	0	0	0	0	0	0	0
Величина дополнительного ресурса по разрядам, кол. 8-часовых смен/нед.								
$T^Д/8$, смен/нед.	16	8	4	2	1	1/2	1/4	1/8
Мин/нед.	7680	3840	1920	960	480	240	120	60

Таблица 4

Временные оценки действий ЛПР в одной СП

Table 4

Time estimates of the actions of decision makers in one stage of production

Вариант РИ	Время выполнения действия ЛПР, с		Итоговое время формирования и восприятия РИ, с	Относительные затраты времени, раз
	Определение количества дополнительных смен	Определение видов дополнительного времени		
1 (Табл. 2)	6	12 / 31 / 84	18 / 36 / 92	4,5 / 9 / 23
2 (Табл. 3)	-	12 / 31 / 84	12 / 31 / 84	3 / 7,9 / 21
3 (Рис.2)	-	-	4 / 4 / 4	1 / 1 / 1

Сравнение качества трех вариантов РИ (первый вариант – на основе универсального подхода [7-9], второй – на основе известных формализованных схем [13], третий – на основе предлагаемого подхода) по «временному» критерию показывает преимущество третьего варианта РИ (табл.4). Так, например, для характерных для отрасли радиоэлектронного приборостроения величины дополнительного времени в одной из СП 70 час/нед. и количестве СП, равном 60 стадий, время формирования и восприятия РИ

по первому варианту составит 36 мин, по второму – 31 мин, по третьему – 4 мин.

Обсуждение/Заключение

1.Теоретическим результатом работы, проиллюстрированным на рис.1, является то, что в графическую ресурсную модель ОС впервые введены эргономически обоснованная совокупность дискретных моделей разнородных ресурсов, отличающихся расширенным спектром учитываемых параметров и их визуальным кодированием, и соответствующих моделей инструментов их назначения, что дает

возможность ЛПР оперативно управлять начальными условиями конкретной решаемой ресурсной задачи, с одной стороны, и быстро и безошибочно определить вид, количество и предпочтительности назначаемых ресурсов, как ЛПР, так и лицам, выполняющим решения (ЛВР), с другой стороны.

2. Результаты, представленные на рис. 2–4, свидетельствуют о возможности разработанной графической модели ОС формировать прогнозы оптимальных вариантов ресурсного обеспечения производства по его стадиям. Так, реализация загрузки ресурсов в соответствии с начальными условиями, задаваемыми ЛПР, и формализованными решениями, приведенными на рис.3, позволяет увеличить выработку с исходной величины (в соответствии с (2) она равна $T^b/TP_{\max} = 2400\text{мин/нед.} / 284\text{мин/шт.} = 8\text{ шт./нед.}$) до 35 шт./нед. после оптимизации (рис.3).

3. Практическая значимость работы для ЛПР (например, заместителя директора по производству) состоит в том, что ресурсная модель ОС, формирующая результатную информацию, разработана как виртуальная панель управления, выполненная с учетом требований эргономики и технической эстетики, что позволяет ЛПР без затруднений (как мнемосхемой) управлять с помощью «органов управления» условиями

оптимизации загрузки ресурсов и получать с помощью специальных «средств индикации» РИ в виде вариантов назначения конкретных видов загрузки. Практическая значимость результатов для ЛПР (начальника цеха, участка), состоит в оперативном восприятии ими данных, приведенных на этой панели, как директивный план загрузки ресурсов. Так, табл. 4 показывает, что восприятие ЛПР и ЛПР содержания формализованных решений, сформированных на основе эргономического подхода, осуществляется с меньшими временными затратами, чем содержание РИ, представленной в известных форматах [7,13], что свидетельствует о его соответствии требованиям визуализации бережливого производства [10].

4. Ограничениями результатов работы являются заданное условие осуществления ресурсного управления, исключающее возможность увеличения количества имеющегося технологического оборудования, конечный фонд дополнительного времени (128 час/нед.) и принятый «шаг» его установки (1 час), а недостатками – необходимость увеличения производственного персонала (для работы по сменам), а также рост затрат на производство единицы продукции (например, работа в выходные и нерабочие праздничные дни в соответствии со ст. 153 Трудового Кодекса РФ №197-ФЗ оплачивается в 2 раза дороже, чем в первую смену в будние дни).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Project Management Standard and Guide to the Project Management Body of Knowledge, 7th Edition. Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute, Inc, 2021. 274 p. ISBN 978-1-62825-664-2.
2. **Ивлев М.А., Рябов Д.Е.** Разработка концепции повышения эффективности организационных систем мультипроектного научно-производственного предприятия // Современные наукоемкие технологии. 2024. № 2. С. 20-25. DOI 10.17513/snt.39926. EDN HFXJFD.
3. **Droup I., Jusoh A., Mardani A., Nor Kh.Md., Dafa' A., Alla N.A.** The impact of lean manufacturing practices on firms' sustainable performance of the manufacturing industry sector. International Journal of Public Sector Performance Management. 2022;10(2/3):283–301. DOI 10.1504/IJSPM.2022.126234.
4. **Тинасилов М.Д., Уркумбаева А.Р. Баймолдаева М.Т.** Интерактивное управление ресурсами – путь к цифровой информации // Наука и инновационные технологии. 2019. № 1(10). С. 90-94. EDN LТЕНQH.
5. **Pauli T., Fielt E., Matzner M.** Digital Industrial Platforms. Business Information Systems Engineering. 2023;57(3):45-58. DOI 10.1007/s12599-020-00681-w.
6. **Мунипов В.П.** Эргономика: человеко-ориентированное проектирование техники, программных средств и среды: Учебник. М.: Логос. 2001. 356 с. ISBN 5-94010-043-0.

REFERENCES

1. Project Management Standard and Guide to the Project Management Body of Knowledge. 7th ed. Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute, Inc; 2021. 274 p.
2. **Ivlev M.A., Ryabov D.E.** Development of Concept for Increasing Efficiency of Organizational Systems of a Multi-Project Research and Production Enterprise. Ergodesign. 2024;3(25):271-279. DOI 10.30987/2658-4026-2024-3-271-279.
3. **Droup I, Jusoh A, Mardani A, et al.** The Impact of Lean Manufacturing Practices on Firms' Sustainable Performance of the Manufacturing Industry Sector. International Journal of Public Sector Performance Management. 2022;10(2/3):283-301. DOI 10.1504/IJSPM.2022.126234.
4. **Tinasilov M.D., Urkumbaeva A.R., Baymoldaeva M.T.** Interactive Resource Management – the Path to Digital Information. Science and Innovative Technologies. 2019;1(10):90-94.
5. **Pauli T., Fielt E., Matzner M.** Digital Industrial Platforms. Business Information Systems Engineering. 2023;57(3):45-58. DOI 10.1007/s12599-020-00681-w.
6. **Munipov V.P.** Ergonomics: Human-Oriented Design of Equipment, Software, and Environments. Moscow: Logos; 2001. 356 p.

7. **Bounadi N., Boussalia S.R., Bellaouar A.** Optimizing Algerian company's delivery fleet with agent based model in ANYLOGIC. *Transport and Telecommunication Journal*. 2023;24(4):434-442. DOI 10.2478/tjt-2023-0034.
7. **Bounadi N., Boussalia S.R., Bellaouar A.** Optimizing Algerian Company's Delivery Fleet with Agent Based Model in ANYLOGIC. *Transport and Telecommunication Journal*. 2023;24(4):434-442. DOI 10.2478/tjt-2023-0034.
8. **Salim E.R., Pantjawati A.B., Kuswardhana D., Saripudin A., Jayanto N.D., Nurhidayatulloh, Pratama L.A.** Smart traffic light system design based on single shot multibox detector (SSD) and ANYLOGIC simulation. *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*. 2021;72:1075-1085. DOI 10.1007/978-3-030-70713-2_96. EDN MFWFGW.
8. **Salim E.R., Pantjawati A.B., Kuswardhana D., Saripudin A., Jayanto N.D., Nurhidayatulloh, Pratama L.A.** Smart Traffic Light System Design Based on Single Shot Multibox Detector (SSD) and ANYLOGIC Simulation. *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*. 2021;72:1075-1085. DOI 10.1007/978-3-030-70713-2_96.
9. **Antonov A.** Simulation of multimodal transport with ANYLOGIC. *Journal Scientific and Applied Research*. 2020;19(1):33-38. DOI 10.46687/jsar.v19i1.291.
9. **Antonov A.** Simulation of Multimodal Transport with ANYLOGIC. *Journal Scientific and Applied Research*. 2020;19(1):33-38. DOI 10.46687/jsar.v19i1.291.
10. **Jayawickrama H.M.M.M., Samarasena S., Kulatunga A.K.** Process visualization of a manufacturing plant based on lean concept. *Proceedings of the 2014 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Bali, Indonesia, January 7-9, 2014*. DOI 10.13140/2.1.3869.6960.
10. **Jayawickrama H.M.M.M., Samarasena S., Kulatunga A.K.** Process Visualization of a Manufacturing Plant Based on Lean Concept. In: *Proceedings of the 2014 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management; 2014 Jan 7-9; Bali, Indonesia*. DOI 10.13140/2.1.3869.6960.
11. **Spider Project Professional v.9.09. Руководство пользователя.** URL: <https://libcats.org/book/520886.pdf> (дата обращения 15.06.2025).
11. **Spider Project Professional v.9.09. User Guide** [Internet] [cited 2025 Jun 15]. Available from: <https://libcats.org/book/520886.pdf>.
12. **Ивлев М.А., Рябов Д.Е.** Визуальная интерпретация парадигмы управления организационной системой с разнородными производственными ресурсами // *Эргодизайн*. 2024. №3 (25). С. 271–279. DOI 10.30987/2658-4026-2024-3-271-279. *Эргодизайн*. 2024. № 3(25). С. 271-279. DOI 10.30987/2658-4026-2024-3-271-279. EDN GOZKOQ.
12. **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. DOI 10.30987/2658-4026-2024-3-271-279.
13. **Ивлев М.А., Рябов Д.Е.** Формализованные схемы механизма управления организационной системой, реализующей циклы производства как совокупности разнородных бизнес-процессов // *Экономика. Право. Инновации*. 2024. № 3. С. 38-46. DOI 10.17586/2713-1874-2024-3-38-46. EDN CDHDP.
13. **Ivlev M.A., Ryabov D.E.** Formalized Management Mechanism Schemes of the Organizational System Implementing Production Cycles as a Set of Heterogeneous Business Processes. *Economics. Law. Innovations*. 2024;(3):38-46. DOI 10.17586/2713-1874-2024-3-38-46.
14. **ГОСТ Р 52003-2003. Уровни разукрупнения радиоэлектронных средств. Термины и определения.** М.: Стандартинформ, 2003. 11 с.
14. **GOST R 52003-2003. Subdivision Levels of Radio Electronic Equipment. Terms and Definitions.** Moscow: Standartinform; 2003. 11 p.
15. **Ивлев М.А., Хранилов В.П.** Эргономический анализ интерактивных систем управления. Нижний Новгород: Изд-во НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2025. 76 с.
15. **Ivlev M.A., Khranilov V.P.** Ergonomic Analysis of Interactive Management Systems. Nizhny Novgorod: NSTU Press; 2025. 76 p.

Информация об авторах:

Ивлев Михаил Алексеевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Компьютерные технологии в проектировании и производстве» Нижегородского государственного технического университета (НГТУ) им. Р.Е. Алексеева, тел. 89519024468, 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 Engineering, Associate Professor, Professor at the Department of Computer Technologies in Design and Production of Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev (NSTU), ph. +79519024468, the author's international identifiers: Scopus-Author ID: 55130537800, Research-ID-Web of Science: AAB-9431-2020, Author ID: 505750, SPIN-code: 4580-7832.
Ryabov Dmitry Yevgenevich – Graduate student of Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev (NSTU), ph. +79049045504.

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 09.09.2025; одобрена после рецензирования 14.10.2025; принята к публикации 15.10.2025. Рецензент – Спасенников В.В., доктор психологических наук, профессор Брянского государственного технического университета, главный редактор журнала «Эргодизайн».

The paper was submitted for publication on the 09th of September 2025; approved after the peer review on the 14th of October 2025; accepted for publication on the 15th of October 2025. Reviewer – Spasennikov V.V., Doctor of Psychology, Professor of Bryansk State Technical University, Editor-in-Chief of the journal “Ergodesign”.