

# Целевой анализ производственных ситуаций при оперативном управлении горными работами\*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-6-61-65>

В настоящее время имеются существенный теоретический и практический заделы в области экономико-математического моделирования предприятий угольной промышленности. Однако в современных условиях потенциальный эффект от использования большинства моделей низок. В статье изложена методика классификации производственных ситуаций, целенаправленного поиска условий компенсации отклонений по заданным параметрам и оценки качества принимаемых решений при оперативном управлении на предприятиях угольной отрасли в целом. Данное исследование дает возможность существенно повысить эффективность управления социально-экономической деятельностью в регионе, ориентируясь на возможные последствия принимаемых решений, а также оценить параметры, характеризующие вхождение систем в изменяющуюся социально-экономическую обстановку, привыкание к новым условиям. Авторы считают, что данное исследование позволяет в значительной степени унифицировать разработку интеллектуальных систем моделирования. Значительное внимание уделено вопросу разработки алгоритмов оперативного управления технологическими процессами в угледобывающих компаниях. Авторами предложена схема целенаправленного поиска компенсации отклонений для выбора управленческого решения.

**Ключевые слова:** экономико-математические методы, моделирование, показатели эффективности, информационные системы, управленческие решения, интеллектуальные системы, предприятия горнодобывающей промышленности.

**Для цитирования:** Целевой анализ производственных ситуаций при оперативном управлении горными работами / Ж.С. Чупина, Абделааль Ахмед Мостафа Ахмед Рагас, А.М. Сорокин и др. // Уголь. 2023. № 6. С. 61-65. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-6-61-65.

## ВВЕДЕНИЕ

Одна из проблем при создании интеллектуальных систем управления на горнодобывающих предприятиях – разработка алгоритмов оперативного управления технологическими процессами, которые должны быть [1]:

### ЧУПИНА Ж.С.

Канд. экон. наук, доцент  
Российского университета дружбы народов,  
117198, г. Москва, Россия,  
e-mail: lemesheva.87@bk.ru; e-mail: vSe.1@mail.ru

### АБДЕЛААЛЬ АХМЕД МОСТАФА АХМЕД РАГАС

Канд. экон. наук, доцент  
факультета бухгалтерского учета и финансов  
Университета Объединенных Арабских Эмиратов,  
15551, Аль-Айн, Объединенные Арабские Эмираты

### СОРОКИН А.М.

Канд. экон. наук, доцент  
Российского университета дружбы народов,  
117198, г. Москва, Россия

### МОРКОВКИН Д.Е.

Канд. экон. наук, доцент  
Финансового университета при  
Правительстве Российской Федерации,  
125167, г. Москва, Россия

### ЧУПИН А.Л.

Начальник отдела научного управления  
Российского университета дружбы народов,  
117198, г. Москва, Россия

\* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-41-10001

- гибкими, способными быстро перестраиваться. Например, переход с открытого на закрытый цикл при управлении погрузочно-транспортными работами;
- привязанными к конкретным технологическим условиям. Например, моделирование работы экскаватора в добычных забоях и на отвалах;
- способными выявлять приоритетность технологически реализуемых и оптимальных вариантов.

Из изложенного следует, что разрабатываемые алгоритмы должны выдавать управленческие решения по конкретным производственным ситуациям, а исходные данные для них необходимо соответственно упорядочивать. Только в этом случае алгоритмы оперативного управления будут эффективными.

### **АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ ОПЕРАТИВНОМ УПРАВЛЕНИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОЙ ОТРАСЛИ**

Карьер является сложной системой, характеризующейся техническими параметрами, технологическими взаимосвязями, состоянием горного массива и окружающей среды. Поэтому количество возможных производственных ситуаций необозримо велико, что требует огромной размерности алгоритмов. Основоположники ситуационного управления предлагают классифицировать ситуации.

Среди методов классификации выделяют качественные (объединение показателей в заранее заданные группы) и количественные (статистическое распознавание образов) [2]. Признаки классификации формируют при помощи экспертов-специалистов. Один из недостатков данного подхода – внесение субъективизма в формирование классов ситуации. Кроме того, карьер – постоянно развивающаяся система, поэтому в любой момент могут возникнуть новые, неклассифицированные ситуации, что вызовет неопределенность в принятии решений. Для горнодобывающих предприятий необходима как качественная, так и количественная классификация ситуаций по типам признаков и диапазонам их значений. При формировании набора качественных признаков требуется знать причинно-следственные связи и факторы, влияющие на принятие решений [3, 4]. Количественная оценка требует статистической обработки данных.

С учетом изложенного предлагается осуществлять текущий целевой анализ производственных ситуаций. При этом одновременно решаются три задачи:

- формирование классов ситуаций;
- отнесение текущей ситуации к одному из сформированных классов;
- целенаправленный поиск условий компенсации отклонений по заданным показателям текущей ситуации.

Реализация первой задачи осуществляется на основе обработки статистических данных о работе предприятия за прошедший период, которые должны содержать информацию о техническом состоянии оборудования, горно-геологических условиях работы и отклонениях по эксплуатационным показателям. Перечисленные данные содержатся в сменном исполнительном графике работы

предприятия. Следует отметить, что статистика должна быть достоверной, т.е. отражать промежуток времени с неизменяемой структурой и представительной, что определяется на основании известных формул математической статистики. Ликвидация возникающих при этом противоречий возможна посредством имитационного моделирования, причем для повышения достоверности статистических данных предлагается моделировать не события, а производственные ситуации. При обработке статистики необходимо учитывать также влияние управляющих решений на результаты работы предприятия в прошлом и взаимосвязи между возникающими ситуациями [5].

Кроме статистических данных при расчетах по алгоритму используются качественные признаки, которые формирует технолог исходя из целей управления:

- глобальная цель – выполнение плановых показателей по объемам и качеству добываемого полезного ископаемого в целом за весь период оперативного управления, причем не любым доступным путем, а максимально приближенным к первоначальному плану;
- локальные цели – при рассмотрении конкретной смены возникающие отклонения по любым показателям должны компенсироваться в максимально короткие сроки. Граф признаков и действий для одного типа показателей показан на *рис. 1*.

Вначале выявляется одно из трех возможных состояний: выполнение, невыполнение и перевыполнение плана. Затем с помощью имитационной модели осуществляется прогноз работы карьера на будущие периоды. Если в процессе моделирования выявляется возможность компенсации отклонений без дополнительных мер (для ситуаций 1 и 2) или не возникают какие-либо отклонения (для ситуации 3), данная ситуация относится к разряду безконфликтных и не требует принятия управленческих решений. При наличии прогнозных отклонений ситуация относится к разряду конфликтных и по ней могут приниматься следующие решения:

- для ситуаций 1 и 3 – рекомендательные и управляющие решения;
- для ситуации 2 – управляющие решения и отнесение ее к разряду неразрешимых на данном уровне управления.

Реализация второй и третьей задач осуществляется также на основе обработки статистического материала и использования для анализа доверительного интервала математического ожидания этих отклонений. Схема целенаправленного поиска компенсации отклонений показана на *рис. 2* (СО – скомпенсированные отклонения; НСО – некомпенсированные отклонения).

Здесь выделено пять уровней. На первом уровне обрабатывается весь статистический материал за прошедший период работы предприятия: определяются математическое ожидание, дисперсия и доверительный интервал при заданной доверительной вероятности. Перечисленные показатели проверяются на статистическую устойчивость для определения достоверности данных и возможности использования их на текущем уровне управления.

Рис. 1. Граф признаков и действий для одного типа показателя  
Fig. 1. A graph of features and actions for one type of indicators

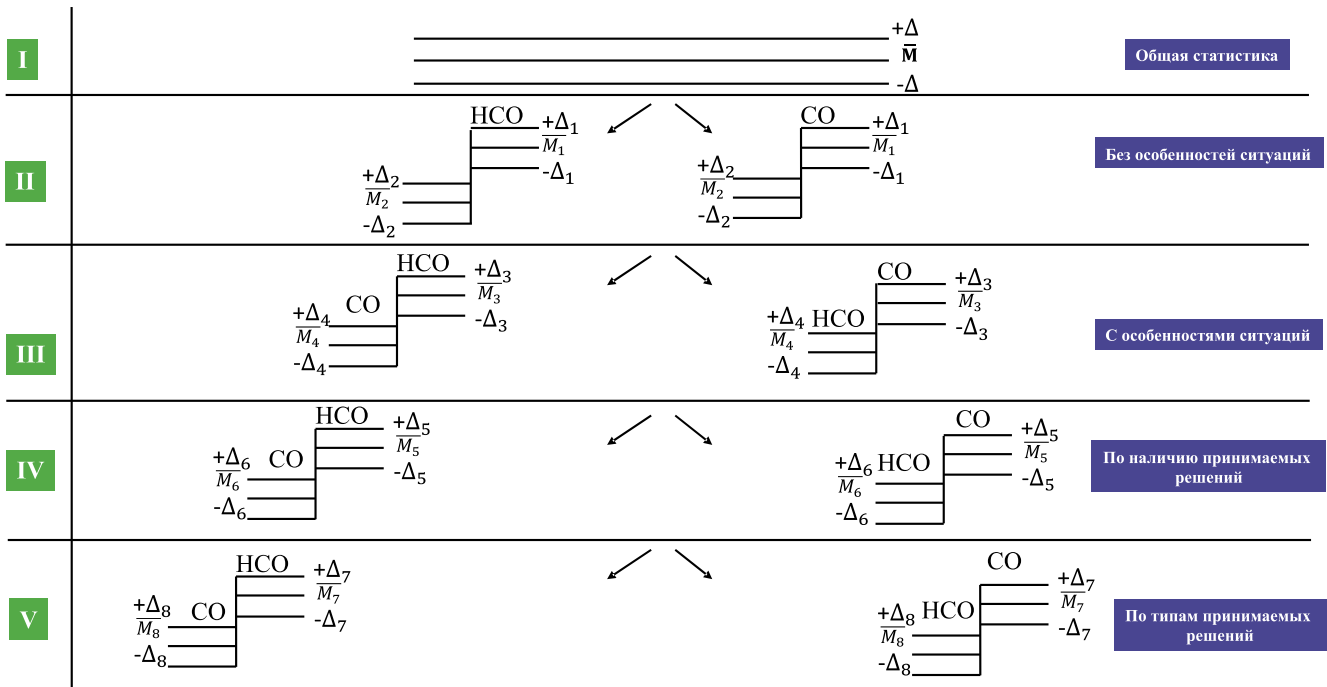


Рис. 2. Схема целенаправленного поиска компенсации отклонений  
Fig. 2. A schematic diagram of targeted search for compensation of deviations

Существенные колебания средних отклонений позволяют предполагать, что произошли изменения в использовании мощностей или в структуре управления [6, 7]. При этом необходимо определить момент перестройки системы и использовать статистические данные только за данный промежуток времени. Оценкой устойчивости статистических данных служит длина доверительного интервала для самого нижнего уровня расщепления.

На втором уровне происходит разделение статистической совокупности на две выборки со скомпенсированными и нескомпенсированными отклонениями без учета особенностей ситуаций. Критерием разделения является количество интервалов управления, оставшихся до

конца текущего уровня. Причем, в начале месяца или при абсолютной устойчивости статистических данных к скомпенсированным отклонениям относятся только те, которые ликвидированы за определенное количество интервалов, а при недостаточности статистики или в конце месяца нужно брать скомпенсированные отклонения за данное и меньшее на один, далее два и т.д. количество интервалов. Затем в каждой выборке определяются математическое ожидание, дисперсия и доверительные интервалы. Возможны два принципиально разных расположения статистических характеристик – доверительные интервалы не пересекаются и пересекаются. В первом случае, если текущее отклонение попадает в разряд скомпенси-

рованных, то можно строго утверждать, что данная ситуация не требует принятия управляющих решений. Она может быть скомпенсирована за счет стохастичности технологических процессов в карьере или принятия решений на нижележащем уровне управления. Во втором случае, приведенное утверждение касается только тех отклонений, которые попали в зону  $\Delta + \Delta I$ .

На третьем уровне некомпенсированные отклонения разделяются по классификационным признакам технического, технологического и геологического характера, т.е. учитываются особенности ситуаций и выявляются факторы, оказавшие наибольшее влияние на возникновение текущего отклонения. Установление доминирующего фактора осуществляется по ширине зоны расщепления между скомпенсированными и некомпенсированными отклонениями. Если зона расщепления не образуется, то вводятся новые классификационные признаки. При попадании текущего отклонения в доверительный интервал скомпенсированных отклонений управленческие решения принимаются по доминирующему фактору на текущем уровне управления.

На четвертом уровне ситуации отклонения, попавшие в разряд некомпенсированных, разделяются по наличию принимаемых решений. Если произошло расщепление доверительных интервалов и текущая ситуация попала в зону скомпенсированных отклонений, то любое управляющее решение, использованное на данном уровне, является эффективным и может быть реализовано при управлении. Если доверительные интервалы скомпенсированных и некомпенсированных отклонений не расходятся, то принимаемые решения были неэффективными. Необходимо выбрать новые критерии оценки ситуаций и выработать эффективные меры воздействия на систему управления.

На последнем уровне дискриминации статистических данных осуществляются анализ и выявление наиболее эффективного управленческого решения из всех принятых на данном уровне. Критерием также является ширина зоны расщепления доверительных интервалов по скомпенсированным и некомпенсированным отклонениям. Если текущее отклонение на последнем этапе попало в зону доверительного интервала некомпенсированных отклонений, то осуществляется новый цикл расчетов с третьего уровня. При этом за основу берется следующий по ранжиру зон расщепления доверительный интервал для некомпенсированных отклонений, и по его признаку осуществляются расчеты на четвертом и пятом уровнях. Если доверительные интервалы не расходятся или текущее отклонение постоянно попадает в разряд некомпенсированных, то целевая процедура поиска дает ответ о целесообразности принятия решений на вышележащем уровне управления [8], а данная ситуация относится к разряду неразрешимых на текущем уровне управления.

Таким образом, осуществляются целенаправленный поиск возможности компенсации текущих отклонений и выбор управленческого решения по тем или иным параметрам.

Следует отметить, что поиск условий компенсации возникающих отклонений основан на анализе ситуации с помощью доверительного интервала, ширина которого

зависит от доверительной вероятности для практических расчетов, рекомендуется принимать доверительную вероятность в диапазоне 0,9...0,99 (меньшее значение соответствует нижнему уровню управления, а большее – верхнему). Установлено, что при увеличении доверительной вероятности область пересечения доверительных интервалов для скомпенсированных и некомпенсированных отклонений расширяется, что приводит к возрастанию неопределенности, т.е. попаданию большого количества ситуаций в область пересечения [9, 10]. А это может привести к слишком частому вмешательству в ход производственного процесса, что отрицательно скажется на его стабильности.

Показатели, характеризующие конкретную ситуацию, измеряются различными численными методами и измерительными средствами. Результаты таких измерений представляют суммы вида:

$$x_{ijk} = a_i + b_{ij} + y_{ijk},$$

$$i = 1 \dots I, j = 1 \dots J, k = 1 \dots K,$$

где  $k$  – количество независимых измерений;  $y_{ijk}$  – случайная ошибка  $k$ -го измерения;  $a_i$  – истинное значение измеряемой величины;  $b_{ij}$  – систематическая ошибка при измерении.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, факторы воздействия на параметры проблемных ситуаций и их эффективность предлагается определять на основе проверки гипотезы отсутствия воздействия параметров смежных ситуаций. При этом нужно вы-

числять дисперсионное отношение  $F = \frac{\delta_1}{\delta_2}$ , где  $\delta_1$  – дис-

персия параметров, характеризующих смежные ситуации;  $\delta_2$  – дисперсия параметров ситуаций, получаемых после реализации управленческих решений. Если  $F$  значительно отличается от единицы, то гипотеза не подтверждается, то есть параметры и факторы воздействия выбраны правильно. Точный смысл понятия значимого отличия  $F$  от единицы можно определить только лишь с учетом закона распределения случайных ошибок. Предлагаемый целевой анализ производственных ситуаций позволяет разрабатывать высокоадаптивные алгоритмы оперативного управления горными работами, выработать управленческие воздействия в стандартных ситуациях, оценивать качество принимаемых решений и профессиональные навыки специалистов.

## Список литературы

1. Оценка эффективности технологических процессов на предприятиях машиностроительной отрасли экономики / В.Г. Анисимов, Е.Г. Анисимов, А.А. Веселко и др. // Журнал технических исследований. 2022. Т. 8. № 1. С. 30-35.
2. Сауренко Т.Н. Оптимизация параметрических рядов продукции предприятия с учетом случайности рыночного спроса // Журнал исследований по управлению. 2022. Т. 8. № 1. С. 10-16.
3. Гарькушев А.Ю., Селиванов А.А., Чварков С.В. Сущность и проблемы управления обеспечением безопасности и обороной государства // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2016. № 3. С. 3-10.



4. Модель и метод комплексной стандартизации сложных технических систем / В.Г. Анисимов, Е.Г. Анисимов, Е.М.Богоева и др. // Журнал технических исследований. 2022. Т. 8. № 2. С. 20-29.
5. Methodological approach to the formation of the company's portfolio of orders / O. Rostova, V. Anisimov, E. Anisimov et al. // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. Vol. 387. P. 381-390.
6. Innovation and IT Technologies as the Main Element of a Dynamic Business Model / A. Chupin, Z. Chupina, A. Pavlova et al. // Lecture Notes in Networks and Systems. 2023. No 509. P. 1123-1132.
7. Chursin A.A., Kokuytseva T.V. Development of Methods for Assessing the Digital Maturity of Organisations Considering the Regional Aspect // Economy of Region. 2022. No 18. P. 450-463.
8. Approaches for Creating a Digital Ecosystem of an Industrial Holding / A.E. Tyulin, A.A. Chursin, A.V. Yudin et al. // Communications in Computer and Information Science. 2022. 1552 CCIS. P. 433-444.
9. Parsamehr K., Gholamalifard M., Kooch Y. Comparing three transition potential modeling for identifying suitable sites for REDD+ projects // Spatial Information Research. 2020. No 28. P. 159-171.
10. Mathematical model of optimization of repair activities of power equipment / V.V. Shamraeva, V.M. Kalinin, D.E. Morkovkin et al. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 4. "IV International Scientific and Practical Conference "Actual Problems of the Energy Complex: Physical Processes, Mining, Production, Transmission, Processing and Environmental Protection". 2022. C. 012042.

## PRODUCTION SETUP

## Original Paper

UDC 622.2:658.5 © Zh.S. Chupina, Abdelaal Ahmed Mostafa Ahmed Ragas, A.M. Sorokin, D.E. Morkovkin, A.L. Chupin, 2023  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 6, pp. 61-65  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-6-61-65>

## Title

## TARGETED ANALYSIS OF PRODUCTION SITUATIONS IN THE OPERATIONAL MANAGEMENT OF MINING OPERATIONS

## Authors

Chupina Zh.S.<sup>1</sup>, Abdelaal Ahmed Mostafa Ahmed Ragas<sup>2</sup>, Sorokin A.M.<sup>1</sup>, Morkovkin D.E.<sup>3</sup>, Chupin A.L.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> RUDN University, Moscow, 117198, Russian Federation

<sup>2</sup> United Arab Emirates University, Al-Ain, 15551, United Arab Emirates

<sup>3</sup> FINANCIAL UNIVERSITY, Moscow, 125993, Russian Federation

## Authors Information

**Chupina Zh.S.**, PhD (Economic), Associate Professor, e-mail: lemesheva.87@bk.ru, e-mail: vSe.1@mail.ru

**Abdelaal Ahmed Mostafa Ahmed Ragas**, PhD (Economic), Associate Professor, Accounting and Finance Department

**Sorokin A.M.**, PhD (Economic), Associate Professor

**Morkovkin D.E.**, PhD (Economic), Associate Professor

**Chupin A.L.**, Head of the Department of Research Division

## Abstract

Currently, there are substantial theoretical and practical groundwork in the field of economic and mathematical modelling of coal industry enterprises. However, in modern conditions, the potential effect of using most models is low. The article outlines a methodology for classifying production situations, purposeful search for conditions for compensating deviations according to specified parameters, and evaluation of quality of decisions made in operational management at enterprises of the coal industry as a whole. This study provides an opportunity to significantly improve the efficiency of management of socio-economic activity in the region, focusing on the possible consequences of the decisions made, as well as to assess the parameters that characterize the entry of systems into a changing socio-economic environment, getting used to new conditions. The authors believe that this study makes it possible to largely unify the development of intelligent modelling systems. Considerable attention is paid to the issue of developing algorithms for operational management of technological processes in coal mining companies. The authors have proposed a scheme of targeted search for compensation of deviations for the selection of a management decision.

## Keywords

Economic and mathematical methods, Modelling, Performance indicators, Information systems, Management decisions, Intelligent systems, Mining enterprises.

## References

1. Anisimov V.G., Anisimov E.G., Veselko A.A. & Pak A.Yu. Evaluation of the efficiency of technological processes at enterprises of the machine-building industry of the economy. *Journal of Technical Research*, 2022, Vol. 8, (1), pp. 30-35. (In Russ.).
2. Saurenko T.N. Optimization of parametric series of enterprise products taking into account the randomness of market demand. *Journal of Management Research*, 2022, Vol. 8, (1), pp. 10-16. (In Russ.).
3. Garkushev A.Yu., Selivanov

A.A. & Chvarkov S.V. The essence and problems of state security and defense management. *Proceedings of the Russian Academy of Rocket and Artillery Sciences*, 2016, (3), pp. 3-10. (In Russ.).

4. Anisimov V.G., Anisimov E.G., Bogoeva E.M., Veselko A.A. & Sysuev S.Yu. Model and method of complex standardization of complex technical systems. *Journal of Technical Research*, 2022, Vol. 8, (2), pp. 20-29. (In Russ.).

5. Rostova O., Anisimov V., Saurenko T., Peschnikova E. & Shmeleva A. Methodological approach to the formation of the company's order portfolio. *Lecture notes on networks and systems*, 2022, (387), pp. 381-390.

6. Chupin A., Chupina Z., Pavlova A., Skudalova T. & Andreeva E. Innovations and IT technologies as the main element of a dynamic business model. *Lecture notes on networks and systems*, 2023, 509, pp. 1123-1132.

7. Chursin A.A. & Kokuytseva T.V. Development of methods for assessing the digital maturity of organizations taking into account the regional aspect. *The economy of the region*, 2022, (18), pp. 450-463.

8. Tyulin A.E., Chursin A.A., Yudin A.V. & Grosheva P.Yu. Approaches to creating a digital ecosystem of an industrial holding. *Communications in Informatics*, 2022, 1552 CCIS, pp. 433-444.

9. Parsamer K., Golamalifard M. & Kuch Yu. Comparison of modelling of three transition potentials to determine suitable sites for REDD+ projects. *Spatial Information Research*, 2020, (28), pp. 159-171.

10. Shamraeva V.V., Kalinin V.M., Morkovkin D.E., Koryakov A.G., Zakharova M.V. & Perfiliev A.A. Mathematical model of optimization of repair works of power equipment. In the collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 4. Ser. "IV International Scientific and Practical Conference "Actual problems of the energy complex: physical processes, mining, production, transmission, processing and environmental protection", 2022. p. 012042.

## Acknowledgements

D.E. Morkovkin's research was carried out at the expense of a grant from the Russian Science Foundation No 23-41-10001, <https://rscf.ru/project/23-41-10001/>.

## For citation

Chupina Zh.S., Abdelaal Ahmed Mostafa Ahmed Ragas, Sorokin A.M., Morkovkin D.E. & Chupin A.L. Targeted analysis of production situations in the operational management of mining operations. *Ugol'*, 2023, (6), pp. 61-65. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-6-61-65.

## Paper info

Received January 18, 2023

Reviewed May 10, 2023

Accepted May 26, 2023