

**Краткое сообщение**

УДК 658.51:669(075)

DOI 10.17073/0368-0797-2021-8-606-610



РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА НОРМАТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В. Н. Кадыков, А. И. Мусатова, Р. С. Койнов**Сибирский государственный индустриальный университет** (Россия, 654007, Кемеровская обл. – Кузбасс, Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

Аннотация. Методология нормативных моделей, алгоритмы их построения, а также процедуры применения в задачах управления и оптимизации производственных объектов должны в полной мере отвечать современным требованиям (многовариантность, ситуационность, комплексность, оптимальность, динамичность, гибкость). Рассмотрены аспекты построения и применения нормативных моделей функционирования подразделений металлургического предприятия.

Ключевые слова: модели, нормативы, комплекс, принципы, методика, показатели

Для цитирования: Кадыков В.Н., Мусатова А.И., Койнов Р.С. Разработка комплекса нормативных моделей функционирования подразделений металлургического предприятия // Известия вузов. Черная металлургия. 2021. Т. 64. № 8. С. 606–610.
<https://doi.org/10.17073/0368-0797-2021-8-606-610>

Short report

DEVELOPMENT OF A SET OF REGULATORY MODELS FOR METALLURGICAL ENTERPRISE DIVISIONS FUNCTIONING

V. N. Kadykov, A. I. Musatova, R. S. Koinov**Siberian State Industrial University** (42 Kirova Str., Novokuznetsk, Kemerovo Region – Kuzbass 654007, Russian Federation)

Abstract. Methodology of normative models, algorithms for their construction, as well as procedures for application in production facilities control and optimization tasks should fully meet modern requirements: multivariate, case-orientation, complexity, optimality, dynamism, flexibility. The listed aspects of construction and application of normative models for functioning of metallurgical enterprise divisions are presented in this work.

Keywords: models, standards, complex, principles, methodology, indicators

For citation: Kadykov V. N., Musatova A. I., Koinov R. S. Development of a set of regulatory models for metallurgical enterprise divisions functioning. *Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2021, vol. 64, no. 8, pp. 606–610. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2021-8-606-610>

Первоначально рассматривается задача построения комплекса взаимосвязанных нормативных моделей производственной системы, в качестве которой выбрано металлургическое предприятие, и определены особенности его функционирования. Нормативная модель соотносится с человеко-технической, социальной, экономической или иными организационными системами, которые предназначены для определения оптимальных (научно обоснованных) нормативных показателей объекта моделирования [1–3]. Такие модели должны систематически корректироваться с учетом совершенствования оборудования, изменений в сорimente выпускаемой продукции, технологии, организации производства и труда.

С целью оптимизации и прогнозирования многовариантного функционирования металлургических подразделений созданы ситуационно-нормативные модели работы производственных систем (ПС), синтез которых опирается на предлагаемые принципы:

– оптимальность (направленность нормирующей системы на постановку и решение задачи оптимизации нормируемых процессов, при этом целесообразно использовать методы скалярной или векторной оптимизаций);

– декомпозиция (многоступенчатое разделение сложного комплекса на подразделения, участки, агрегаты, машины, а также производственного процесса на подпроцессы, операции, элементы, микроэлементы, по

отношению к которым ставится и решается конкретная задача нормирования);

- ситуационность (дифференциация нормативов с учетом многообразия производственных ситуаций, различающихся количеством используемого оборудования и режимами его работы, характеристиками сырья и полуфабрикатов, технологическими маршрутами производства по видам продукции, другими признаками);

- динамичность (соответствие нормативов темпам изменения свойств производственной системы и ее внешних воздействий);

- комплексность (целесообразность отражения в нормативах взаимодействия различных факторов: временных, организационно-технических, психофизиологических, экономических, социальных, экологических);

- активность (способность персонала учитывать в работе не только цели, заданные планирующим центром, но и собственные цели, а также иметь возможность их реализации);

- информативность (отбор и первоочередное использование достоверных данных для оценивания нормативов);

- адекватность (соответствие нормативной модели ее эффективному применению в системе управления).

Методика построения комплекса нормативных моделей для прогнозирования работы и оптимизации производственных объектов включает следующие действия:

- определение факторов внешней среды, входов и выходов производственной системы, ее структуры, участков, агрегатов, оборудования, их технические и технологические параметры, анализ и классификация сортамента продукции;

- проведение наблюдений за работой основного и вспомогательного оборудования, обслуживающего и управленческого персонала; мониторинговое слежение за процессом производства, за организацией материальных потоков; сбор информации о параметрах и показателях оперативного и статистического учета; уточнение множества ситуаций по количеству установленных и работающих единиц оборудования по участкам, определение характера связей между ними; обработка и анализ полученной информации, в том числе о простоях оборудования, причинах их возникновения; оценка вероятности отказов оборудования;

- установление последовательности и периодичности производственных процессов, циклов операций по технологическим маршрутам; разработка маршрутных графиков производственных процессов, схем организации материальных потоков, совмещенных с планом расположения оборудования; разработка схем последовательности выполнения производственных процессов, операций, элементов и микроэлементов;

- выбор методов нормирования длительности операций (технологических, естественных, транспортных,

контрольных, трудовых) по элементам, микроэлементам и простоев по причинам их возникновения (техническим, технологическим, организационным, внешним);

- синтез аналитических моделей технически возможных и нормативных тактов оборудования, участков при их автономной работе; оценивание тактов производственной системы для разных ситуаций по видам продукции;

- формирование ситуационно-нормативных моделей оценки производительности и длительности производственных циклов системы; проверка адекватности нормативных моделей путем оценивания их эффективности на основе имитационно-нормативного моделирования с использованием реальных производственных данных.

Пример построения и реализации нормативной модели производительности волочильных станов представлен в работе [4].

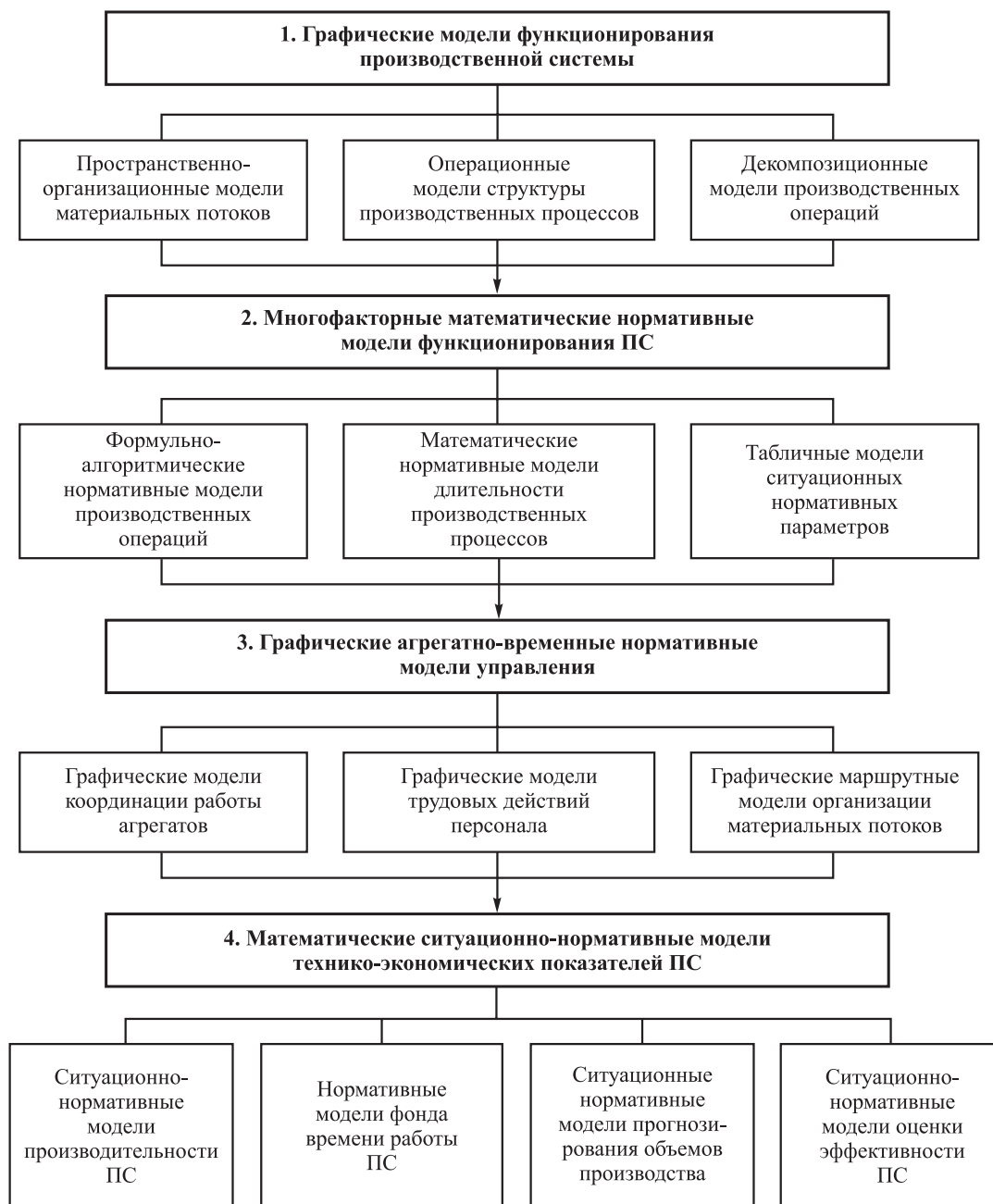
Для принятия рациональных управленческих решений в действующих производственных системах разработана методика построения нормативных моделей, представленных на рисунке в виде схемы многоуровневого комплекса взаимосвязанных графических и математических моделей, а также сравнительной оценки показателей финансовых результатов (см. таблицу) предприятия без использования (база) и с использованием нормативных моделей (норматив – отчет).

К графическим моделям функционирования производственных систем (ПС) относятся модели пространственной организации материальных потоков, пооперационной структуры производственных процессов, декомпозиционные схемы производственных операций.

Структурированные многофакторные математические модели [5 – 7] функционирования производственных систем включают формульно-алгоритмические нормативные модели временных характеристик производственных процессов (длительность технологических, транспортных, трудовых, контрольных операций, циклов, тактов); математические модели длительности производственных процессов; табличные модели ситуационных нормативов временных характеристик процессов по видам продукции (сортаменту).

Графические агрегатно-временные нормативные модели функционирования производственных систем представляют собой комплексные графики, координирующие (управляющие) и отражающие последовательность и параллельность работы, загрузку оборудования, трудовые действия персонала, организацию материальных потоков [4].

Математические нормативные модели ситуационных технико-экономических показателей производственных систем включают оценки производительности ПС с учетом сортамента, нормативы фонда времени работы ПС, нормативные объемы производства продукции, прогнозы прибыли, рентабельности, а также табличные модели нормативных технико-экономических показателей.



Многоуровневый комплекс нормативных моделей функционирования производственных систем

Multilevel complex of normative models for production systems functioning

Сравнительная оценка показателей финансовых результатов предприятия без использования (база) и с использованием нормативных моделей (норматив – отчет)

Comparative assessment of indicators of the enterprise financial results without using (base) and using normative models (standard – report)

Показатели деятельности предприятия	Значения показателей			Темп роста, %	
	база	норматив	отчет	к базе	к норме
Объем продаж, млн руб.	159,9	198,8	179,35	112,2	90,2
Прибыль продукции, млн руб.	25,9	33,7	30,25	116,8	89,8
Рентабельность продукции, %	16,2	17,0	16,87	104,1	99,2
Коэффициент платежеспособности	1,01	1,00	1,10	108,9	110,0

Процесс построения нормативных моделей функционирования человеко-технической системы включает следующие основные этапы:

- декомпозиция объекта на участки и единицы оборудования; декомпозиция производственного процесса и классификация операций, их элементов и микроэлементов с учетом следующих признаков: важность (основные, вспомогательные); степень механизации и автоматизации (аппаратурные, машинные, машинно-ручные, ручные); степень контролируемости (автоматически или частично контролируемые, неконтролируемые); степень визуальной наблюдаемости (открытые, закрытые, полузакрытые);

- выбор метода определения нормативных значений показателей для микроэлементов, элементов и операций;

- определение расчетной единицы продукции (штука, пакет, партия) и ее характеристик (масса, количество, длина, объем) для каждого вида оборудования;

- оценивание нормативных показателей для микроэлементов, элементов и операций в соответствии с выбранным методом нормирования, расчетной единицей продукции по производственным ситуациям и построением циклического графика работы каждого вида оборудования;

- определение ситуационных значений нормативных показателей для каждого участка с учетом пространственного размещения и характера взаимодействия оборудования; выбор нормативных значений для производственной системы (объекта) в целом.

На базе создания комплекса нормативных моделей функционирования подразделений металлургических предприятий разработаны нормативно-технические паспорта для некоторых прокатных и метизных цехов, где представлены в табличных формах обоснованные ситуационно-нормативные показатели по сортаменту продукции (длительности операций, такты процессов, производительность основного и вспомогательного оборудования, фонд времени, длительность производственных циклов на выполнение заказов), которые при изменении параметров дают возможность оперативно корректировать сменно-суточные задания.

Выводы

Предлагаемый комплексный подход к построению нормативных моделей позволил оптимизировать процесс производства в подразделениях некоторых металлургических предприятий за счет внутренних резервов производства на основе совершенствования организационно-управленческих решений, в других случаях рассматривали варианты технических решений, направленных на улучшение качества и увеличение объемов выпускаемой продукции путем (частичной или полной) замены, модернизации действующего оборудования с учетом финансовых возможностей предприятия. Для обоснования оптимизационных решений использовали имитационно-нормативное моделирование и сравнительный анализ действующей и модернизированной производственной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

- Merrick J.H., Weyant J.P. On choosing the resolution of normative models // *European Journal of Operational Research*. 2019. Vol. 279. No. 2. P. 511–523. <http://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.06.017>
- Gola A., Relich M., Kłosowski G., Świć A. Mathematical models for manufacturing systems capacity planning and expansion – An overview // *Applied Mechanics and Materials*. 2015. Vol. 791. P. 125–131. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.791.125>
- Abbas A.E., Matheson J.E. Normative decision making with multiattribute performance targets // *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. 2009. Vol. 16. No. 3–4. P. 67–78. <https://doi.org/10.1002/mcda.434>
- Мусатова А.И., Кулаков С.М. Особенности построения нормативной модели производительности волочильных станов // *Научное обозрение*. 2014. № 3. С. 139–149.
- Tilindis J., Kleiza V. Mathematical modeling of production operations and processes for product design and manufacturing // *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vol. 510. P. 243–247. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.510.243>
- Mohammad Hossein Zavvar Sabegh, Abolfazl Mirzazadeh, Eric C. Maass, Yucel Ozturkoglu, Mohammad Mohammadi, Shiva Moslemi. A mathematical model and optimization of total production cost and quality for a deteriorating production process // *Cogent Mathematics*. 2016. Vol. 3. No. 1. Article 1264175. <https://doi.org/10.1080/23311835.2016.1264175>
- Nourali S., Imanipour N., Shahriari M.R. A mathematical model for integrated process planning and scheduling in flexible assembly job shop environment with sequence dependent setup times // *International Journal of Mathematical Analysis*. 2012. Vol. 6. No. 43. P. 2117–2132.
- Merrick J.H., Weyant J.P. On choosing the resolution of normative models. *European Journal of Operational Research*. 2019, vol. 279, no. 2, pp. 511–523. <http://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.06.017>
- Gola A., Relich M., Kłosowski G., Świć A. Mathematical models for manufacturing systems capacity planning and expansion – An overview. *Applied Mechanics and Materials*. 2015, vol. 791, pp. 125–131. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.791.125>
- Abbas A.E., Matheson J.E. Normative decision making with multiattribute performance targets. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. 2009, vol. 16, no. 3–4, pp. 67–78. <https://doi.org/10.1002/mcda.434>
- Musatova A.I., Kulakov S.M. Features of building a normative model of drawing mills productivity. *Nauchnoe obozrenie*. 2014, no. 3, pp. 139–149. (In Russ.).
- Tilindis J., Kleiza V. Mathematical modeling of production operations and processes for product design and manufacturing. *Applied Mechanics and Materials*. 2014, vol. 510, pp. 243–247. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.510.243>
- Mohammad Hossein Zavvar Sabegh, Abolfazl Mirzazadeh, Eric C. Maass, Yucel Ozturkoglu, Mohammad Mohammadi, Shiva Moslemi. A mathematical model and optimization of total production cost and quality for a deteriorating production process. *Cogent Mathematics*. 2016, vol. 3, no. 1, article 1264175. <https://doi.org/10.1080/23311835.2016.1264175>
- Nourali S., Imanipour N., Shahriari M.R. A mathematical model for integrated process planning and scheduling in flexible assembly job shop environment with sequence dependent setup times. *International Journal of Mathematical Analysis*. 2012, vol. 6, no. 43, pp. 2117–2132.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Владимир Николаевич Кадыков, к.т.н., доцент кафедры «Обработка металлов давлением и металловедение. ЕВРАЗ ЗСМК», Сибирский государственный индустриальный университет

ORCID: 0000-0002-9263-8962

E-mail: kadykovvn18@yandex.ru

Александра Ильинична Мусатова, старший преподаватель кафедры «Менеджмент и отраслевая экономика», Сибирский государственный индустриальный университет

ORCID: 0000-0002-0171-5177

E-mail: musatova-ai@yandex.ru

Роман Сергеевич Койнов, старший преподаватель кафедры «Автоматизация и информационные системы», Сибирский государственный индустриальный университет

ORCID: 0000-0001-5547-5511

E-mail: koynov_rs@mail.ru

Vladimir N. Kadykov, Cand. Sci. (Eng.), Assist. Prof. of the Chair "Metal Forming and Metal Science. OJSC "EVRAZ ZSMK", Siberian State Industrial University

ORCID: 0000-0002-9263-8962

E-mail: kadykovvn18@yandex.ru

Aleksandra I. Musatova, Senior Lecturer of the Chair "Management and Branch Economy", Siberian State Industrial University

ORCID: 0000-0002-0171-5177

E-mail: musatova-ai@yandex.ru

Roman S. Koynov, Senior Lecturer of the Chair "Automation and Information Systems", Siberian State Industrial University

ORCID: 0000-0001-5547-5511

E-mail: koynov_rs@mail.ru

Поступила в редакцию 06.07.2020

После доработки 26.10.2020

Принята к публикации 25.02.2021

Received 06.07.2020

Revised 26.10.2020

Accepted 25.02.2021