

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.437.02
(Д 212.298.03), СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 28.06.2021 № 19

О присуждении Барбасовой Татьяне Александровне, гражданке Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Методы и модели автоматизированного ресурсосберегающего управления энергометаллургическим технологическим комплексом» по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)» принята к защите 26 марта 2021 г., протокол №19/п, диссертационным советом Д 212.298.03, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 454080, г. Челябинск, проспект В.И. Ленина, д. 76, приказ о создании диссертационного совета №105/нк от 11.04.2012.

Соискатель Барбасова Татьяна Александровна, 1978 года рождения. Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Автоматизация регулирования режимов пароводяного струйного подогревателя» защитила в 2004 году в диссертационном совете, созданном на базе государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет» (диплом кандидата наук КТ №134565 от 12 ноября 2004 г.), работает доцентом кафедры автоматики и управления Высшей школы электроники и компьютерных наук федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-

Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре автоматики и управления Высшей школы электроники и компьютерных наук федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – Казаринов Лев Сергеевич, доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, член-корреспондент Академии инженерных наук имени А.М. Прохорова, заведующий кафедрой автоматики и управления Высшей школы электроники и компьютерных наук федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

Султангузин Ильдар Айдарович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры промышленных теплоэнергетических систем федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ»;

Лившиц Михаил Юрьевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой управления и системного анализа теплоэнергетических и социотехнических комплексов федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет»;

Логунова Оксана Сергеевна – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой вычислительной техники и программирования федерального бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное автономное

образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург – в своем положительном отзыве, подписанном Спириным Николаем Александровичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой теплофизики и информатики в металлургии Института новых материалов и технологий, Лавровым Владиславом Васильевичем, доктором технических наук, доцентом, профессором кафедры теплофизики и информатики в металлургии Института новых материалов и технологий, и утвержденном Германенко Александром Викторовичем, проректором по науке федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» доктором физико-математических наук, доцентом, указала, что диссертация Барбасовой Татьяны Александровны является законченной научно-квалификационной работой, в которой освещены системные вопросы интегрированного планирования и управления процессами энергосбережения на основе внедрения автоматизированных систем управления отдельными технологическими процессами. Приведенные научные результаты и выводы свидетельствуют о решении крупной актуальной научно-технической проблемы интегрированного планирования и управления ресурсами в энергометаллургических комплексах на основе внедрения на практике предложенных автоматизированных систем управления технологическими процессами; представленные в работе исследования достоверны, выводы и рекомендации обоснованы; диссертационная работа Барбасовой Татьяны Александровны полностью соответствует требованиям п.9, п.10, п.11, п. 13, п.14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» в части требований, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)».

Соискатель имеет 94 опубликованных работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 56 работ, из них в рецензируемых изданиях опубликовано 19 работ, 19 работ – в зарубежных изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования. Общий

объём авторского вклада в публикациях по теме исследования составил 11,75 печатных листов.

Наиболее значимыми работами по теме диссертации являются:

1. Barbasova, T.A. A Multilevel Resource-Saving Blast Furnace Process Control / T.A. Barbasova // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2021. – Т. 21, № 1. – С. 136–146. DOI: 10.14529/ctcr210112
2. Барбасова Т.А. Ресурсосберегающее управление в энергометаллургическом производственном комплексе/ Т.А. Барбасова // Приборы – 2020. – № 12(246). – С.22-29.
3. Барбасова Т.А. Метод многоуровневого прогнозирования и нормирования потребления электрической энергии предприятием //Электротехнические системы и комплексы – 2020 – №4(49). – С.49-54.
4. Барбасова Т.А. Оперативное управление технологическими сетями тепло- и пароснабжения производственных металлургических комплексов / Т.А. Барбасова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Энергетика». – 2020. – Т. 20. – № 4. – С. 5–11. DOI: 10.14529/power200401
5. Barbasova, T.A., Lapteva, Y.V. Prediction of Titanium Module in Blast Furnace Based on Multilayer Perceptron and Elman Neural Network. // Proceedings - 2018 Global Smart Industry Conference, GloSIC 2018, Номер статьи 8570139. DOI: 10.1109/GloSIC.2018.8570139 (3 с. /8 с.) Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8570139> (дата обращения 12.11.2020).
6. Barbasova, T.A., Lapteva, Y.V., Salov, D.D. Application of recurrent neural network and matrix pencil method in predicting blast furnace thermal state indicators. // 2018 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2018, номер статьи 8501682. DOI: 10.1109/RUSAUTOCON.2018.8501682 (3 с./8 с.) Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8501682> (дата обращения 12.01.2021).
7. Shnayder, D.A., Barbasova, T.A., Lapteva, Y.V. Enhancing blast furnace control efficiency based on self-organizing Kohonen neural networks // Proceedings - 2018 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2018, номер статьи 8728725, DOI: 10.1109/ICIEAM.2018.8728725 (2 с. /6 с.) Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8728725> (дата обращения 12.11.2020).
8. Shnayder D.A., Kazarinov L.S., Barbasova T.A., Lipatnikov A.V. Data Mining and Model-Predictive Approach for Blast Furnace Thermal Control // Intelligent Systems Conference 2017 7-8 September 2017, London, UK с.653-660 (3 с. /8 с.) Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8324364> (дата обращения 12.11.2020).
9. Kazarinov L.S., Shnayder D.A., Barbasova T.A. Optimization of the Blast Furnace Operating Modes for Identification of the Areas of Unimprovable Solutions // VI International Conference for young scientists “High Technology:

Research and Applications 2016 (HTRA 2016), Volume 743 KEM, 743 KEM, с. 363-368 DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.743.363 (3 с. /6 с.) Режим доступа: <https://www.scientific.net/KEM.743.363> (дата обращения 12.11.2020).

10. Kazarinov L.S., Barbasova T.A. Elliptic component analysis // 2016 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2016 – Proceedings 7910936 DOI: 10.1109/ICIEAM.2016.7910936 (2 с. /6 с.) Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7910936> (дата обращения 12.11.2020).

11. Kazarinov L.S., Shnayder D.A., Barbasova T.A. Multilayered approach to model predictive industrial process control // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2016. – Т. 16. – № 1. – С. 137-144. DOI:10.14529/ctcr160112. (2 с. /8 с.)

12. Kazarinov L.S., Shnayder D.A., Barbasova T.A., Basalaev A.A., Kolesnikova O.V. и др. A model predictive approach to blast furnace operational management automation // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2016. – Т. 16. – № 4. – С. 36-49. (8 с. /14 с.)

13. Kazarinov L.S., Barbasova T.A. Case study of the Conservation Power Plant concept to energy conservation in a metallurgical works // Procedia Engineering, International Conference on Industrial Engineering. Volume 129, 2015, P. 578–586. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.12.060 (3 с. /9 с.) Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815039442> (дата обращения 12.11.2020).

14. Kazarinov L.S., Barbasova T.A. Oblong ellipsoid method in process efficiency control 2015, International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS) Tomsk, Russia 2015. Pages 1–5. DOI: 10.1109/MEACS.2015.7414875 (2 с. /5 с.) Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7414875> (дата обращения 12.11.2020).

15. Казаринов Л.С., Барбасова Т.А. Метод эллиптических центроидов в управлении эффективностью технологических процессов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2015. – Т. 15. – № 1. – С. 152-155. (2 с. /4 с.)

16. Казаринов Л.С., Барбасова Т.А. Интегрированное управление энергоемкостью металлургического производства // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2015. – Т. 15. – № 2. – С. 121-124. (2 с. /4 с.)

17. Kazarinov L.S., Barbasova T.A. Identification method of blast-furnace process parameters // V International Conference for young scientists “High Technology: Research and Applications 2015 (HTRA 2015), Key Engineering Materials, Vol. 685, pp. 137-141, Mar. 2016 DOI:

10.4028/www.scientific.net/KEM.685.137 (3 с. /5 с.) Режим доступа: <https://www.scientific.net/KEM.685.137> (дата обращения 12.21.2020).

18. Filimonova A.A., Kazarinov L.S., Barbasova T.A. Dispatching control of industrial facility power consumption // *Energy Procedia, Sustainability in Energy and Buildings: Proceedings of the 7th International Conference SEB, Volume 83, December 2015, Pages 111–120. DOI: 10.1016/j.egypro.2015.12.201* (5 с. /10 с.) Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610215028660> (дата обращения 12.11.2020).

19. Kazarinov L.S., Barbasova T.A., Kolesnikova O.V., Shnayder D.A. Complex Hydraulic Network Dispatching Control Based on Signal-Oriented Macromodel // *1st Conference on Modelling, Identification and Control of Nonlinear Systems (MICNON-2015), Saint Petersburg, RUSSIA, June, 24–26, Volume 48, Issue 11, 2015, Pages 92–96. DOI: 10.1016/j.ifacol.2015.09.165* (3 с. /6 с.) Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S240589631501246X> (дата обращения 12.11.2020).

20. Kazarinov L.S., Barbasova T.A., Kolesnikova O.V., Zakharova A.A. Method of Multilevel Rationing and Optimal Forecasting of Volumes of Electric_Energy Consumption by an Industrial Enterprise // *Automatic Control and Computer Sciences, 2014, Vol. 48, No. 6, pp. 324–333. DOI: 10.3103/S0146411614060054* (5 с. /10 с.) Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.3103/S0146411614060054> (дата обращения 12.11.2020).

21. Казаринов Л.С., Барбасова Т.А. Управление теплоэнергетическим комплексом промышленного предприятия на основе концепции энергосберегающей станции // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника».* – 2014. – Т. 14. – № 3. – С. 103-106. (3 с. /4 с.)

22. Казаринов Л.С., Барбасова Т.А., Колесникова О.В., Захарова А.А. Метод прогнозирования электропотребления промышленного предприятия // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника».* – 2014. – Т. 14. – № 1. – С. 5-13. (5 с. /9 с.)

23. Казаринов Л.С., Барбасова Т.А., Захарова А.А. Метод прогнозирующего управления энергетической эффективностью промышленного предприятия // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника».* – 2013. – Т. 13. – № 2. – С. 12-24. (8 с. /13 с.)

24. Казаринов Л.С., Барбасова Т.А. Система диспетчеризации и оперативного управления энергетическими потоками в теплоэнергетическом комплексе металлургического предприятия // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника».* – 2013. – Т. 13. – №2. – С. 53-63. (5 с. /11 с.)

25. Казаринов Л.С., Барбасова Т.А. Регуляризация некорректно поставленных задач упреждающего управления в энергосберегающих технологиях // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2013. – Т. 11. – №1. – С. 5-15. (6 с. /11 с.)

26. Казаринов Л.С., Барбасова Т.А. Упреждающее управление энергетической эффективностью предприятий // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2012. – Вып. 17. – №35 (294). – С. 85–97. (7 с. /13 с.)

27. Казаринов Л.С., Барбасова Т.А., Захарова А.А. Автоматизированная информационная система поддержки принятия решений по контролю и планированию потребления энергетических ресурсов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2012. – Вып. 16. – №23(282). – С. 118–122. (3 с. /5 с.)

28. Казаринов Л.С., Барбасова Т.А. Система управления энергетическими потоками в теплоэнергетическом комплексе металлургического предприятия // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2012. – Вып. 16. – №23 (282). – С. 21–25. (3 с. /5 с.)

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

I. Доктора технических наук, профессора, профессора кафедры эксплуатации и сервиса транспортно-технологических машин и комплексов в строительстве федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет» Кузнецовой Виктории Николаевны. Отзыв положительный, в качестве замечаний отмечено следующее:

1. Осталось неясным, каким образом определяется величина управляющего потока для осуществления оперативного управления потоками в сетях.
2. Не приведены направления и перспективы дальнейших исследований автора по теме диссертации.

II. Доктора технических наук, профессора, кафедры автоматики и процессов управления федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова (Ленина)", г. С.-Петербург Душина Сергея Евгеньевича:

1. Автором в работе используются экстремальные зависимости КПД энергетических котлов, характеристики турбогенераторов. При этом в автореферате не приводится обоснование границ применимости рассматриваемых моделей.

III. Доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой автоматизации процессов химической промышленности федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет) Русинова Леона Абрамовича. Отзыв положительный, в качестве замечаний отмечено следующее:

1. В работе проводится мысль взаимного влияния энергетической подсистемы и доменной подсистемы. В этой связи правомерен вопрос: ведет ли решение задачи повышения эффективности энергетической подсистемы к экономии кокса? Если да, то почему это не отражено на рисунке 1 в виде потока экономии кокса?

2. Позволяет ли разработанная система организовать энергетический менеджмент в соответствии со стандартом ISO 50001?

3. Концепция использования доменного газа для снижения потребления природного газа известна. По тексту автореферата не приведены оценки на сколько улучшает предложенный подход к интегрированному планированию и управлению процессами энергосбережения по сравнению с известным подходом использования вторичных энергетических ресурсов.

IV. Доктора технических наук, профессора, директора института информационных технологий, заведующего кафедрой математического и программного обеспечения ЭВМ федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Череповецкий государственный университет», г. Череповец, Ершова Евгения Валентиновича. Отзыв положительный, в качестве замечаний отмечено следующее:

1. В настоящее время математическому моделированию доменных процессов посвящено большое количество работ, поэтому представляется целесообразным дополнить разработанную методику определения эффективного режима работы доменной печи известными физико-химическими моделями.

2. В автореферате не приведено обоснование выбора стратегии

управления, что является существенным для сопоставления сравнительных оценок эффективности данной работы.

3. Не все формулы пронумерованы (стр. 31 и далее).

V. Доктора технических наук, доцента, профессора кафедры автоматизации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», г. Новосибирск Францужовой Галины Александровны. Отзыв положительный, в качестве замечаний отмечено следующее:

1. Неясно, в чем конкретно состоит новизна предложенного программного обеспечения нормирования и управления энергоемкостью технологических процессов в металлургическом комплексе.

2. В работе предлагается метод принятия решений на основе выделения целевых областей режимных параметров доменного процесса, однако не представлено обоснование выбора описания этих областей в виде «удлиненных эллипсоидов». Поскольку данный термин не является общепринятым, то следует предварительно дать его определение.

VI. Доктора технических наук, профессора, главного специалиста Научно-технического ПАО центра «ММК» Денисова Сергея Владимировича, кандидата технических наук, ведущего специалиста научно-технического центра Степанова Евгения Николаевича. Отзыв положительный, в качестве замечаний отмечено следующее:

1. На рис. 1 приведена технологическая структура управления ресурсосбережением в энергометаллургическом комплексе, содержащая планы по производству чугуна, максимальной выработке электроэнергии, тепловой энергии, пара на технологию при обеспечении минимума потребления природного газа и коксующихся углей. При этом из структуры не ясно, какими именно управляющими факторами достигаются целевые плановые значения и какие при этом существуют технологические ограничения управления?

3. На стр. 10 указано, что в технологической структуре управления энергосбережением металлургического предприятия себестоимость электроэнергии (ЭЭ), вырабатываемая на станции-регуляторе, значительно ниже стоимости покупки ЭЭ с оптового рынка. Однако, в ночные часы и выходные дни стоимость электроэнергии может быть ниже себестоимости

собственной выработки, что не отражено в автореферате.

3. Автореферат содержит неточности в оформлении: так, на стр. 4 во втором предложении второго абзаца вероятно пропущено слово «внимание»; на стр. 10 первое предложение четвертого абзаца не согласовано.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован тем, что ими осуществлялись исследования по тематике диссертации и получены весомые научные результаты в рассматриваемой предметной области, что подтверждается публикациями в научных изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложены новые научные положения интегрированного планирования и управления ресурсами в энергометаллургическом комплексе на основе концепции ресурсосберегающей станции, в которую сводятся все локальные эффекты энергосбережения, в частности вторичные энергетические ресурсы (ВЭР) коксохимического и доменного производства. При этом, на основе оптимизации режимов ресурсосберегающей станции достигается эффект снижения потребления природного газа, как покупного ресурса. Возникающий при этом дисбаланс по пару, а также вторичные паровые ресурсы направляются в технологическую паровую сеть, в частности в паровой аккумулятор, и утилизируются в буферной электростанции. Тем самым в энергометаллургическом комплексе в целом достигается системный эффект энергосбережения за счет снижения потребления природного газа, кокса и повышения выработки электрической энергии.

предложен новый обобщенный метод динамической синхронизации подач природного газа и резко переменных вторичных энергетических ресурсов с текущей оценкой КПД котла, позволяющий в реальном времени оценивать экстремальные свойства нестационарного процесса горения топлива переменного состава и на этой основе по критерию максимума КПД в реальном времени решать задачу оптимизации процессов горения в топках энергетических котлов металлургического производства.

разработаны новые сигнально-ориентированные модели паро- и теплоэнергетических процессов, позволяющие осуществлять оперативное

моделирование динамики сложных паро- и теплоэнергетических систем в задачах управления;

предложен новый обобщенный метод динамической синхронизации скорости подачи кокса и дутья доменного процесса с текущей оценкой его теплового состояния, позволяющий в реальном времени на основе кластерного анализа при подаче шихты и дутья переменного состава прогнозировать характеристики теплового состояния доменной печи в реальном времени. На этой основе при условии стабилизации теплового состояния доменного процесса решается задача минимизации потребления кокса.

предложено для осуществления контроля энергоемкости технологических процессов энергометаллургического комплекса использовать новое математическое, алгоритмическое и программное обеспечение для оценки и нормирования энергоемкости технологических процессов на основе интеллектуального анализа данных текущей эксплуатации и технологических испытаний.

доказана перспективность практического применения предложенных методов и моделей автоматизированного ресурсосберегающего управления энергометаллургическим технологическим комплексом;

введено понятие «ресурсосберегающей станции в энергометаллургическом комплексе», представляющей собой совокупность мощностей, генерирующих энергетические ресурсы (электрическую энергию, тепловую энергию, пар на технологию и др.) с использованием вторичных энергетических ресурсов металлургического производства и утилизирующих совокупные эффекты от энергосберегающих мероприятий в энергометаллургическом комплексе.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что для достижения системного эффекта энергосбережения в энергометаллургическом комплексе в целом необходимо использовать концепцию ресурсосберегающей станции, в которую сводятся все локальные эффекты энергосбережения, а также ВЭР доменного производства. При этом, на основе оптимизации режимов ресурсосберегающей станции и оптимизации режимов доменного производства достигается эффект снижения потребления кокса, природного газа и повышение выработки собственной электроэнергии;

применительно к проблематике диссертации использован комплекс базовых методов исследования, в том числе теории многоуровневых иерархических систем управления, математического моделирования, математической статистики, нелинейного программирования, оптимизации, модельно-упреждающего управления, кластерного анализа, нейронных сетей;

изложены основные научные положения методов и моделей интегрированного планирования и автоматизированного управления для объектов теплоэнергетического комплекса во взаимосвязи с доменным производством;

раскрыты возможности методов интеллектуального анализа данных для решения задач управления тепловым состоянием доменного процесса, позволяющих в реальном времени на основе кластерного анализа при подаче шихты и дутья переменного состава прогнозировать характеристики теплового состояния доменной печи в реальном времени;

изучены с использованием концепции потоков сбереженных ресурсов причинно-следственные связи локальных задач энергосбережения, входящих в систему интегрированного планирования и управления процессами энергосбережения в энергометаллургическом комплексе;

приведена модернизация существующего подхода к автоматизированному управлению режимами работы котлоагрегатов электрических станций по критерию максимума КПД, позволяющего в реальном времени оценивать экстремальные свойства нестационарного процесса горения топлива переменного состава и на этой основе по критерию максимума КПД в реальном времени решать задачу оптимизации процессов горения в топках энергетических котлов металлургического производства.

Значение полученных соискателем результатов для практики подтверждается тем, что:

разработана и внедрена в эксплуатацию на промплощадке ПАО «ММК» система интегрированного планирования и управления процессами энергосбережения на основе оптимизации потребления вторичных энергетических ресурсов на тепловых электростанциях; автоматизированного управления режимами паровых аккумуляторов технологической паровой сети по критерию максимальной утилизации вторичных паровых ресурсов; принятия решений по управлению режимами доменных процессов по критерию стабилизации параметров в

эффективных областях их значений на основе использования нейронных сетей; автоматизированного планирования и управления показателями энергетической эффективности подразделений энергометаллургического комплекса предприятия;

определены перспективы применения предложенных методов и моделей автоматизированного ресурсосберегающего управления энергометаллургическим технологическим комплексом;

создано программное обеспечение автоматизированного управления эффективностью доменного процесса на основе использования методов интеллектуального анализа данных;

представлены методические рекомендации по управлению режимами работы доменных печей для стабилизации их теплового состояния с целью минимизации потребления кокса.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

теория, лежащая в основе предложенных методов и алгоритмов интегрированного планирования процессами энергосбережения в энергометаллургических технологических комплексах, базируется на известных науке концепциях и подходах, на проверке результатами математического моделирования и экспериментальных исследований, а также согласуется с опубликованными результатами практического применения совокупности научных положений и разработок, представленных в диссертации;

идея базируется на обобщении мирового передового опыта по интегрированному планированию и управлению энергетическими системами применительно к металлургии на основе концепции ресурсосберегающей станции, в которую сводятся все локальные эффекты энергосбережения. При этом, на основе оптимизации режимов ресурсосберегающей станции достигается эффект снижения потребления природного газа, как покупного ресурса. Возникающий при этом дисбаланс по пару, а также вторичные паровые ресурсы направляются в технологическую паровую сеть, в частности в паровой аккумулятор, и утилизируются в буферной электростанции. Тем самым в энергометаллургическом комплексе в целом достигается системный эффект энергосбережения за счет снижения потребления природного газа, кокса и повышения выработки электрической энергии;

использованы апробированные методы численного и компьютерного моделирования, интеллектуального анализа данных, результаты математического моделирования и экспериментальных исследований для оценки разработанных алгоритмов и решения задач управления процессами энергосбережения в энергометаллургическом комплексе;

установлена непротиворечивость результатов, полученных в диссертации, и научных исследований, опубликованных другими авторами по соответствующей тематике, в частности публикаций по интегрированному планированию и управлению энергетическими ресурсами зарубежных и отечественных авторов;

использованы современные методики сбора и обработки исходных данных, современные методы интеллектуального анализа данных на основе использования самоорганизующихся нейронных сетей Кохонена в составе автоматизированных систем интегрированного планирования и управления процессами энергосбережения в энергометаллургических технологических комплексах.

Разработанное методическое, алгоритмическое и программное обеспечение для конкретных металлургических производств может быть использовано при построении АСУ ТП энергометаллургических технологических комплексов, с целью реализации интегрированного планирования и управления процессами энергосбережения по критерию снижения энергетических издержек.

Разработанный подход к интегрированному планированию и управлению энергоемкостью технологических процессов в энергометаллургическом комплексе внедрен в практику управления энергетической эффективностью технологических процессов ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

В результате была решена проблема интегрированного планирования и управления энергетической эффективностью энергометаллургического комплекса на основе концепции ресурсосберегающей станции, предложены новые научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития систем интегрированного планирования и управления

процессами энергосбережения, поставленные задачи диссертации решены и внедрены, полученный технико-экономический эффект подтвержден актами внедрения в практику управления энергометаллургическим комплексом ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

Личный вклад соискателя состоит в:

- разработке интегрального подхода к повышению энергетической эффективности металлургического производственного комплекса за счет сведения всех локальных эффектов в ресурсосберегающую станцию и системной оптимизации по критерию минимума потребления природного газа на основе оптимизации текущего КПД станции и максимизации потребления вторичных энергетических ресурсов металлургического производства, оптимизации нагрузки теплоэнергетических агрегатов;

- выполнении системного анализа целей и задач интегрированного планирования и управления энергетической эффективностью теплоэнергетического комплекса металлургического производства с использованием концепции ресурсосберегающей станции;

- разработке оригинальной структуры задач интегрированного планирования и управления энергетической эффективностью энергометаллургического производства;

- разработке новых процедур и алгоритмов, реализующих комплексную оптимизацию эффективности ресурсосберегающей станции в рамках автоматизированной системы управления режимами станции;

- разработке автоматизированной системы управления эффективностью потребления вторичных энергетических ресурсов металлургического производства на тепловых электростанциях металлургического производственного комплекса;

- разработке автоматизированной системы управления режимами паровых аккумуляторов технологической паровой сети по критерию максимальной утилизации вторичных паровых ресурсов в сети;

- разработке для доменного производства методического, алгоритмического и программного обеспечения экспертной системы, реализующей поддержку принятия решений по управлению

технологическими процессами на основе выделения целевых областей значений режимных параметров, позволяющих повысить эффективность технологического процесса в рамках ограничений технологического регламента;

– принимала личное участие в разработке интеллектуальной системы планирования и управления показателями энергетической эффективности подразделений металлургического комплекса предприятия.

Диссертационный совет пришел к заключению, что рассматриваемая диссертация является самостоятельной законченной научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям п. 9, 10, 11, 13, 14 Положения «О присуждении ученых степеней, предъявляемым ВАК к докторским диссертациям», а её автор, Барбасова Татьяна Александровна, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность)».

На заседании 28 июня 2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Барбасовой Татьяне Александровне ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (05.13.06), участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту – 0, проголосовали «за» – 14, «против» – 2, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета

28.06.2021 г.



А.Л. Шестаков

А.В. Голлай