

1<sup>2017</sup>

Новокузнецкий  
институт (филиал)  
Кемеровский  
государственный  
университет

**Краевые задачи  
и математическое  
моделирование**

Тематический сборник научных статей

Новокузнецк  
2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Межгосударственный совет по физике прочности и пластичности

Кузбасский научный центр Сибирского отделения  
Международной академии наук высшей школы

Кемеровский государственный университет

Сибирский государственный индустриальный университет

Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева Сибирского отделения РАН

Новокузнецкий институт (филиал) Кемеровского государственного  
университета

Институт теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича  
Сибирского отделения РАН

## **КРАЕВЫЕ ЗАДАЧИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

**ТЕМАТИЧЕСКИЙ СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ**

Новокузнецк

2020

УДК 51-7+519,6+539.3  
ББК 22  
К78

К78 Краевые задачи и математическое моделирование: темат. сб. науч. ст. / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Новокузнецк. ин-т (фил.) Кемеров. гос. ун-та; под общ. ред. Е. А. Вячкиной, В. О. Калединой. – Новокузнецк, 2020. – 59 с. – ISBN 978-5-8353-2469-9.

В сборнике приведены тексты статей по математическому моделированию естественных, технических и экономических объектов, краевым задачам и методам их решения.

Сборник предназначен для научных работников и аспирантов, специализирующихся в области математического моделирования и решения краевых задач для уравнений математической физики.

*Редакционная коллегия:*

доктор технических наук профессор В. О. Каледин;  
кандидат физико-математических наук Е. А. Вячкина

УДК 51-7+519,6+539.3  
ББК 22

ISBN 978-5-8353-2469-9

© Авторы, 2020  
© Новокузнецкий институт (филиал)  
Федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Кемеровский  
государственный университет», 2020

**СОДЕРЖАНИЕ**

Аульченко С. М., Картаев Е. В. Моделирование одностадийного синтеза композитных наночастиц оксидных керамик структуры «ядро–оболочка» .....	4
Баникова И. А. Моделирование процесса Формообразования полусферической оболочки на основе кинетических уравнений ползучести и повреждаемости.....	7
Вячкина Е. А., Вячкин Е. С. Влияние отложений на температуру труб системы отопления .....	10
Галдин Д. А. Дефектоскопия тонких пластин комбинированными методами теплового контроля .....	13
Грачев В. В., Мышияев Л. П., Ивушкин К. А., Шипунов М. В., Файрушин Ш. А., Иванов Д. В. Представление информации в автоматизированной системе управления углеобогатительной фабрикой для принятия управляющих решений.....	16
Дюкина Н. С. Обоснование модели грунтовой среды в задачах сейсмики .....	23
Евсеева С. И., Мышияев А. В. Имитационное моделирование адсорбции простых углеводородов на гранецентрированную поверхность металла .....	26
Каледин В. О. Функционально-объектная реализация многопоточных алгоритмов численного моделирования .....	29
Корягин М. Е., Вылегжанин И. А. Равновесие Нэша между пассажирами, оператором парковки и муниципалитетом при распределении территории между платной и бесплатной парковками .....	36
Мошкин Н. П., Фомина А. В., Черных Г. Г. Численное моделирование динамики цилиндрической зоны турбулентного смешения в продольном сдвиговом потоке линейно стратифицированной среды .....	40
Наумов В. А. Особенности краевой задачи равновесия полоски ставного невода, закрепленной на дне в однородном потоке .....	47
Паульзен А. Е., Ульянов А. Д. Разработка средств визуализации результатов расчета с использованием среды визуального программирования «Алгозит» .....	50
Фармолов Ш. Р. Видоизмененная задача Коши для одного гиперболического уравнения второго рода .....	54
Юсуфов А. Т. О моделировании оптимального взращивания биологических видов .....	55

## Краевые задачи и математическое моделирование

Рассмотренный метод теплового неразрушающего контроля позволяет обнаружить несплошности в тонких пластинах. Введённый признак обнаружения дефектов, подразумевающий проведение комбинированной процедуры контроля и анализа значений дифференциального температурного сигнала на обеих сторонах пластины, позволяет уменьшить влияние шумов на результаты контроля. Результатом применения метода является двумерный цветовой сигнал, где светлыми пикселями отмечены области дефекта, а тёмными — бездефектные области.

Исследования выполнены при поддержке новокузнецкого института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кемеровский государственный университет», в рамках проекта 3-05/НР-18 (дополнительно соглашение от 5 декабря 2019 г.).

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Вавилов, В. П. Инфракрасная термография и тепловой контроль / В. П. Вавилов, - Москва: издательский дом «Спектр». – 2013. - 544 с. – Текст : непосредственный.
2. Патент № 2686498 Российской Федерации, G01N 25/72 (2019.02); G01N 29/04 (2019.02). Способ ультразвуковой термотомографии и устройство для его осуществления : № 2018129528 : завл. 13.08.2018 : опубл. : 29.04.2019 / О. Н. Будадин, А. А. Куликов, С. О. Козельская, В. О. Каледин, Е. С. Вячкин. – Текст : непосредственный.

УДК 681.518

В. В. Грачев<sup>1</sup>, Л. П. Мышилев<sup>1</sup>, К. А. Ивушкин<sup>2</sup>, М. В. Шипунов<sup>3</sup>, Ш. А. Файрушин<sup>4</sup>, Д. В. Иванов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет», г. Новокузнецк

<sup>2</sup> ООО «Объединенная компания «Сибшахтострой», г. Новокузнецк

<sup>3</sup> ООО «Научно-исследовательский центр систем управления», г. Новокузнецк

<sup>4</sup> ЗАО «Стройсервис», г. Кемерово

### **ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ УГЛЕОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКОЙ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ РЕШЕНИЙ**

В статье рассмотрены вопросы представления информации в автоматизированной системы управления (АСУ) углеобогатительной фабрикой «Шахта №12» (г. Киселевск Кемеровской обл.). Приведена укрупненная техническая структура, описано базовое программное обеспечение, построенное на основе пакета Wonderware System Platform 2017. Особое внимание в статье уделено информационному обеспечению: представлены мнемосхемы мониторов АРМа диспетчера, пример всплывающего диагностического окна, описаны принципы анимирования мнемосхем. Выбранные технические и программные средства позволили значительно сократить трудозатраты и повысить удобство при разработке АСУ и ее эффективность при принятии управляющих решений.

Строящаяся обогатительная фабрика (ОФ) «Шахта № 12» (г. Киселевск Кемеровской обл.) производственной мощностью переработки рядовых углей 4 млн. тонн в год является ярким представителем современных автоматизированных промышленных комплексов нового поколения.

## Краевые задачи и математическое моделирование

Среди основных проектных и технологических решений ОФ «Шахта № 12» можно отметить [1, 2]:

- применение методов обогащения углей, дающих низкую энергоемкость производства;
- оптимальное сочетание отечественного и зарубежного оборудования с его объединением в эффективную и высоконадежную структуру;
- гибкость технологической схемы, обеспечивающая возможность изменения структуры объекта, выбора и реализации рациональных схем и режимов процесса обогащения;
- экологичность и безопасность всего производства, достигаемые применением закрытых складов рядовых углей и концентратов, замкнутого цикла оборота воды, исключением традиционных процессов сушики концентрата;
- высокий уровень автоматизации агрегатов, технологических процессов и в целом всего производства с применением современных программно-технических средств.

**Основными задачами** создаваемой автоматизированной системы управления (АСУ) обогатительной фабрикой являются:

- автоматический контроль технологических параметров, контроль и диагностика состояния оборудования и агрегатов, входящих в состав технологического комплекса обогащения угля;
- автоматическое программно-логическое управление оборудованием и агрегатами (включение, выключение, перемещение и т.д.) технологического комплекса обогащения угля в соответствии с командами диспетчера, текущим состоянием этих агрегатов, требованиями технологического регламента и производственной безопасности;
- дистанционный контроль и управление автоматизированным промышленным комплексом.

Схема укрупненной технической структуры автоматизированного промышленного комплекса ОФ «Шахта №12» представлена на рисунке 1.

Аппаратная реализация выполнена на базе микропроцессорных программируемых контроллеров, серверов, дискового массива, персональных компьютеров, НМІ-терминалов, ноутбука, принтера, коммутаторов и преобразователей интерфейсов [3].

Взаимодействие диспетчера фабрики при контроле и управлении технологическим комплексом фабрики осуществляется посредством пульта диспетчера фабрики на базе стандартного пульта фирмы «КонсЭрго» серии 200, на котором расположены два АРМа диспетчера ОФ (основной и резервный) и физическая кнопка «Экстренный стоп».

Каждый из АРМов диспетчера реализован на базе персонального компьютера HP ProDesk 600 G4 с двумя 32" LCD-мониторами, с установленными компонентами пакета Wonderware System Platform 2017.

В штатном режиме поставщиком производственных данных реального времени для АРМов диспетчера является виртуальный сервер IAS1 физического сервера ОФ. В случае выхода виртуального сервера IAS1 из строя происходит автоматическое переключение на резервный сервер IAS2, находящийся в «горячем» резерве, что исключает простой оборудования и потерю производственной информации. Переключение диспетчерских АРМов на резервный виртуальный сервер происходит без пауз и задержек. В случае выхода из строя основного АРМа диспетчера ОФ задействуется резервный, находящийся в «горячем» резерве.

В качестве базового программного обеспечения автоматизированного промышленного комплекса ОФ «Шахта №12» выбран пакет Wonderware System Platform 2017 компании Wonderware – структурного подразделения корпорации Schneider Electric (Франция).

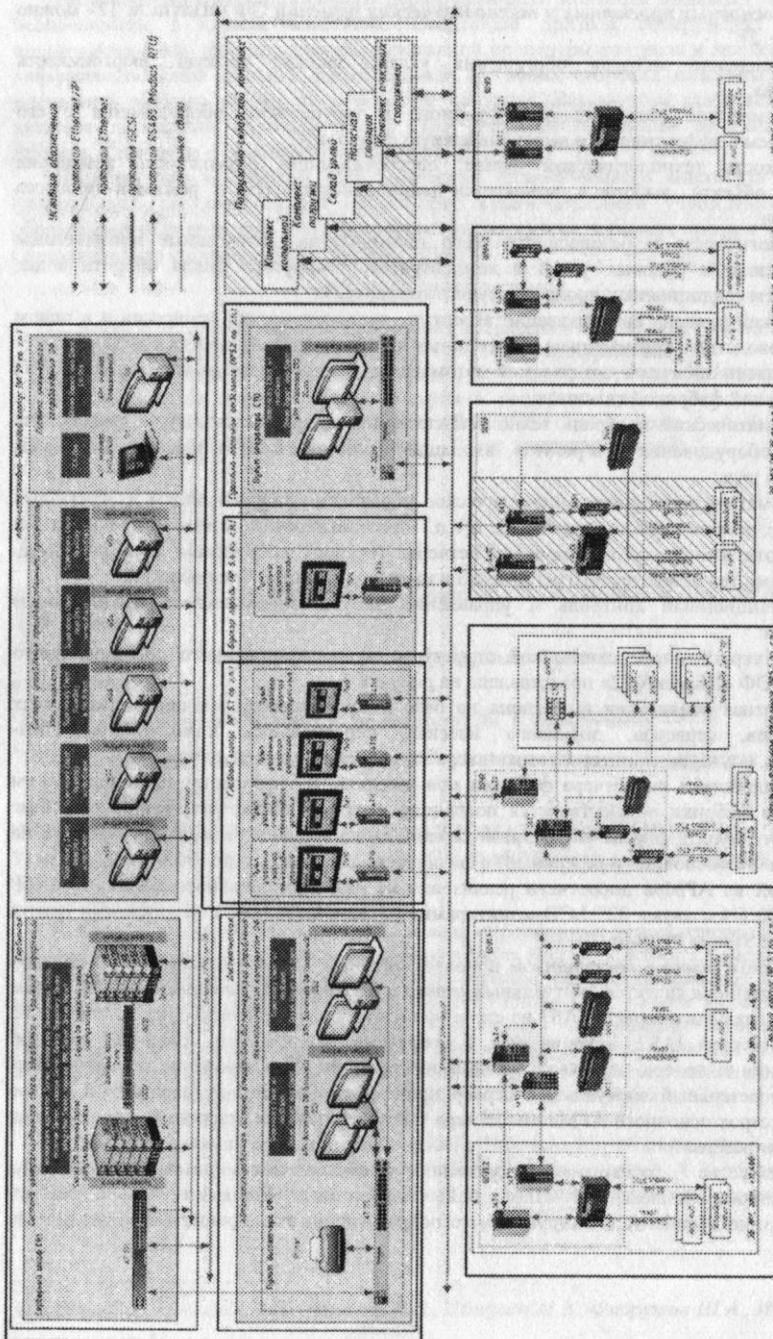


Рис. 1. Схема укрупненной технической структуры автоматизированного промышленного комплекса ОФ «Шахта №12»

Пакет Wonderware System Platform 2017 строится по модульному принципу, является максимально открытым и включает в себя следующие программные продукты:

- средства ввода-вывода данных (Device Integration Server);
- системная платформа (Wonderware System Platform);
- система виртуализации (VMware vSphere);
- средства архивации и хранения предыстории (Wonderware Historian Server);
- программное обеспечение для анализа данных и подготовки отчетности (Wonderware Historian Client);
- программное обеспечение сбора и обработки производственных данных (Wonderware Application Server);
- средства визуализации данных (Wonderware Supervisory Client);
- программное обеспечение разработки и сопровождения системы (Wonderware Development Studio).

**Отображение информации** диспетчеру фабрики осуществляется посредством мнемосхем, представленных на мониторах АРМа диспетчера, отражающих все основные компоненты технологических комплексов и их связи в технологической цепи.

На первом мониторе АРМа диспетчера отображается мнемосхема «Углеприем, ТС» (рис. 2), содержащая:

- технологическое оборудование здания вагоноопрокидывателя, здания отбора проб;
- технологическое оборудование углеприемного комплекса рядового угля;
- технологическое оборудование блока обогащения угля кл. +13 мм;
- технологическое оборудование блока обогащения угля кл. 1-13 мм;
- технологическое оборудование бункера породы, открытого склада рядовых углей, открытого склада концентратов, склада углей;
- технологическое оборудование здания перегрузки №2, здания перегрузки №3.

На втором мониторе АРМа диспетчера отображается мнемосхема «Флотация, ФПО» (рис. 3), содержащая:

- технологическое оборудование блока обогащения шламов;
- технологическое оборудование блока флотации шламов;
- технологическое оборудование фильтр прессового отделения.

При необходимости в основную область могут быть помещены следующие дополнительные видеокадры:

- видеокадр «Погрузка», отображающий технологическое оборудование и схему материальных потоков комплекса погрузки;
- видеокадр «СТО», отображающий технологическое оборудование и схему материальных потоков комплекса сушильно-топочного отделения;
- видеокадр «Насосная станция», отображающий технологическое оборудование и схему материальных потоков комплекса противопожарной насосной станции;
- видеокадр «Тренды» для отображения архивных графических трендов или трендов реального времени;
- видеокадр «Журнал событий» для отображения истории появления сообщений тревог.

*Соответствие между состояниями агрегатов, цветами их мнемонических изображений и текстом в поле информационных табло всплывающих окон представлено в таблице. В качестве примера в четвертом столбце таблицы представлены мнемонические изображения конвейера при различных состояниях.*

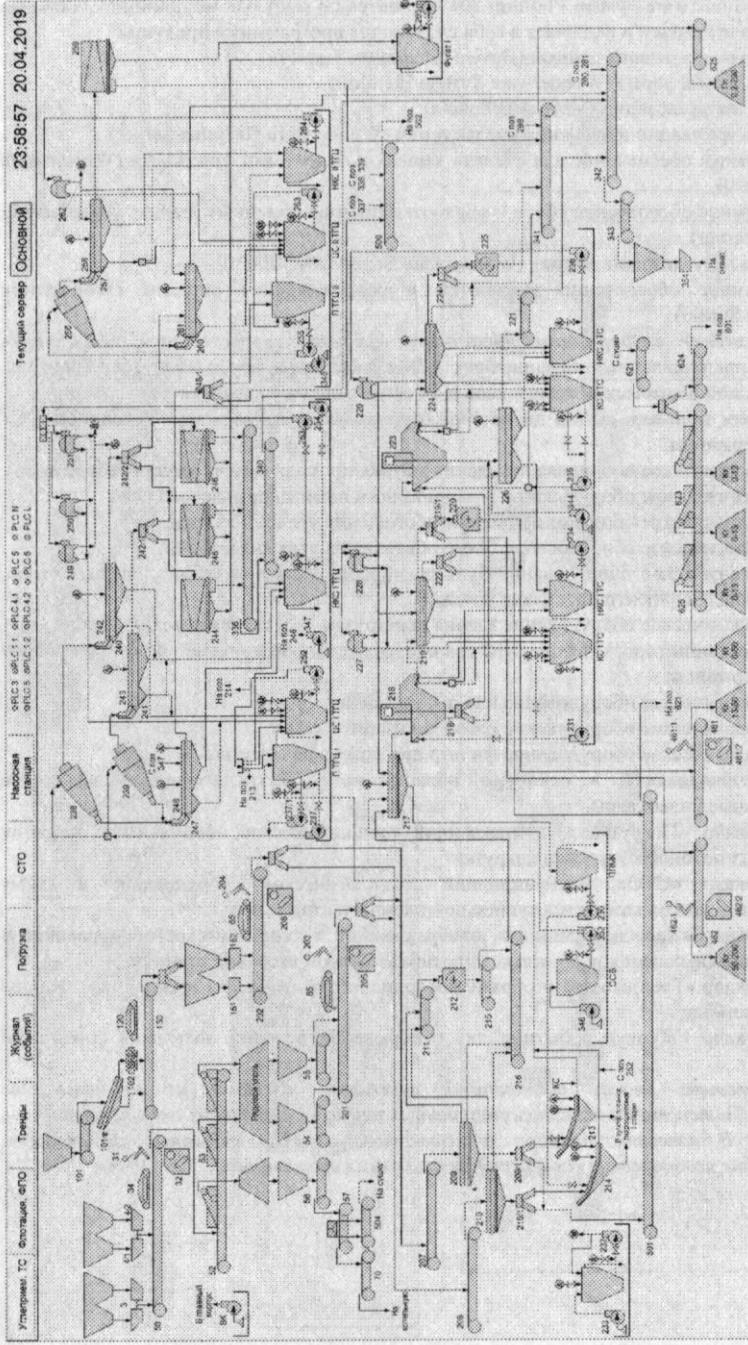
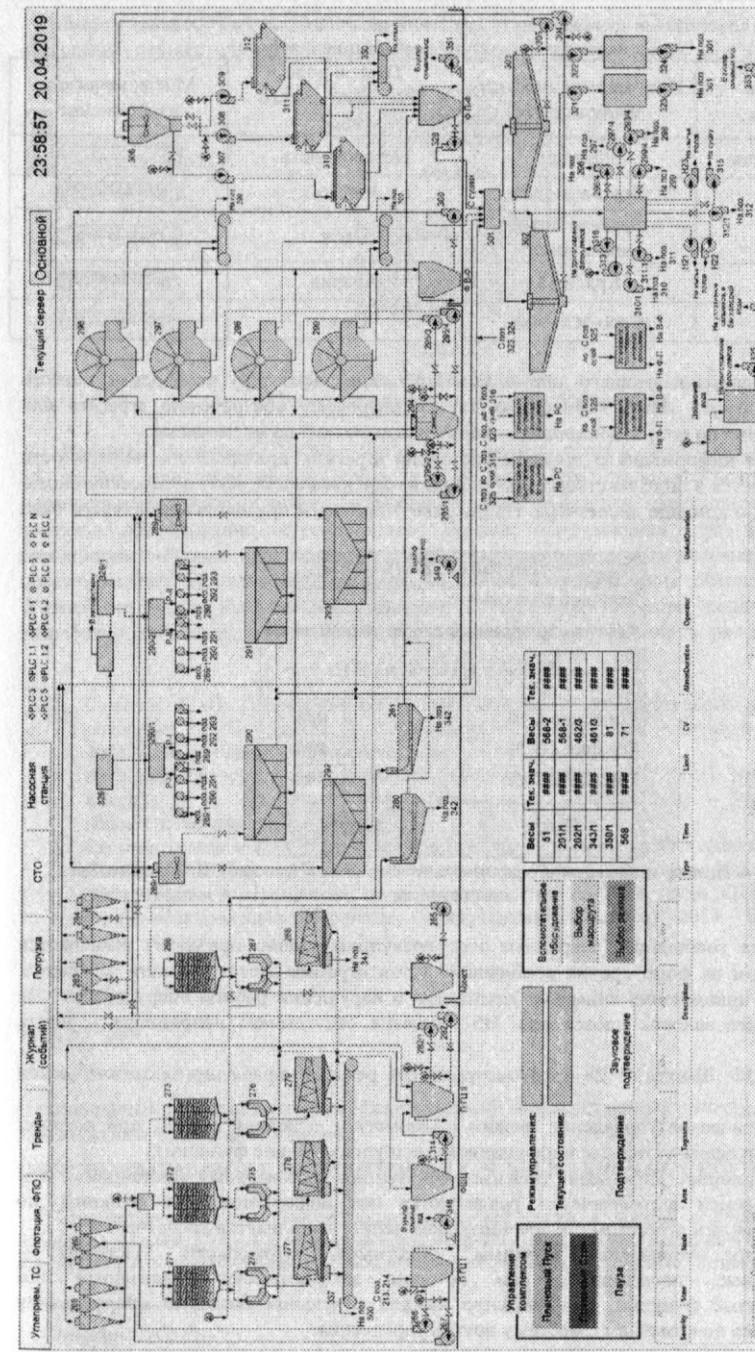


Рис. 2. Мнемосхема первого монитора АРМа диспетчера ОФ «Шахта №12»



2

## Краевые задачи и математическое моделирование

Таблица соответствия состояния агрегатов, цвета мнемонического изображения и текста в поле информационного табло всплывающих окон.

Состояние агрегатов	Цвет мнемонического изображения	Текст в поле информационного табло	Мнемоническое изображение
Неготовность	Желтый	Неготовность	
Работа	Ярко-зеленый	Работа	
Пуск	Ярко-зеленый мигающий	Пуск	
Авария	Красный	Авария	
Стоп	Серо-зеленый	Стоп	

Для вызова всплывающего диагностического окна диспетчеру необходимо навести курсор и щелкнуть левой кнопкой мыши по цифровому обозначению агрегата или непосредственно по его изображению, которые расположены на мнемосхеме.

Детальная информация о текущем состоянии агрегата, причинах его неготовности или авариидается в виде текстовых сообщений на всплывающих диагностических окнах, вызываемых по команде диспетчера. На рисунке 4 приведен пример всплывающего окна насоса.

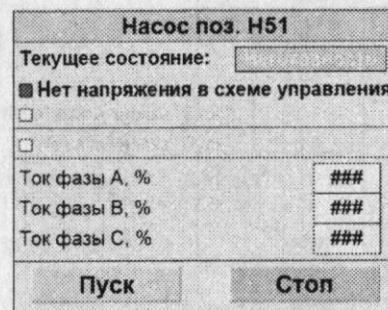


Рис. 4. Пример всплывающего диагностического окна «Насос поз. H51», состояние неготовности

Текстовые сообщения (аварийные или предупреждающие признаки) выделяются черным цветом на фоне прочих сообщений, а пиктограмма слева от текста загорается красным для привлечения внимания диспетчера о нарушении работы оборудования. На рисунке 4 неготовность насоса поз. H51 вызвана отсутствием напряжения в цепях управления.

В АСУ ОФ «Шахта №12» предусмотрены три режима управления технологической схемой:

- автоматическое управление (режим «Автомат» – основной режим, при котором автоматически реализуются все информационные и управляющие функции);

- дистанционное управление (режимы «Дистанция», «Локальный Дистанция»), при котором системой автоматически реализуются все информационные функции, но управление каждым агрегатом (включение/выключение) выполняется диспетчером;

- местное управление (режимы «Местный», «Локальный Местный» – вспомогательные, наладочные), при котором автоматически реализуются все информационные функции, а управление каждой отдельной позицией оборудования осуществляется по командам с местных постов управления.

## Краевые задачи и математическое моделирование

Выбор режима управления технологическим комплексом «Автомат», «Дистанция», «Местный» осуществляется с помощью кнопок на всплывающем окне (рис. 5).

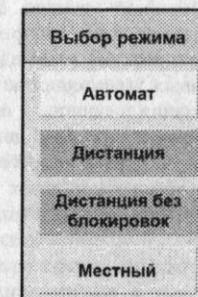


Рис. 5. Всплывающее окно «Выбор режима»

**Резюме.** Создание АСУ ОФ «Шахта №12» производится в очень сжатые сроки – 18-24 месяца, при стандартном сроке в 3-4 года. Это стало возможным, за счет параллельного, одновременного выполнения таких работ как проектирование, заказ и поставка оборудования, строительство, монтаж оборудования, его пуско-наладка, применения типовых проектных решений и использования сред автоматизированного проектирования. Использование в качестве базового программного обеспечения пакета Wonderware System Platform 2017 позволяет значительным образом увеличить скорость разработки мнемосхем, улучшить качество принимаемых управляющих решений.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

3. Сазыкин, Г. П. Проектирование и строительство углеобогатительных фабрик нового поколения / Г. П. Сазыкин, Б. А. Синеокий, Л. П. Мишляев. – Новокузнецк: СибГИУ, 2003. – 126 с. – Текст : непосредственный.
4. Автоматизация управления углеобогатительными фабриками / Л. П. Мишляев, С. Ф. Киселев, А. А. Ившукин [и др.]. – Новокузнецк: СибГИУ, 2003. – 304 с. – Текст : непосредственный.
5. Система автоматизации управления обогатительной фабрикой ООО «Шахта №12» / М.В. Шипунов, В.В. Грачев, К.А. Ившукин, [и др.]. – Текст : непосредственный // Системы автоматизации в образовании, науке и производстве. AS'2019: труды XII Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). - 2019. – С. 185-191.

УДК 539.374

Н. С. Дюкина

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород

### ОБОСНОВАНИЕ МОДЕЛИ ГРУНТОВОЙ СРЕДЫ В ЗАДАЧАХ СЕЙСМИКИ

Рассмотрены вопросы выбора модели грунтовой среды в задачах сейсмики. Проведено сравнение моделей упругой и разномодульной сыпучей среды в задаче о сейсмических вибрациях крупногабаритного сооружения на сейсмоизолирующей песчаной подушке. Установлено, что для

**АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ**

Аудльченко С. М.....	4
Баникова И. А.....	7
Вылегжанин И. А. ....	36
Вячкин Е. С.....	10
Вячкина Е. А.....	10
Галдин Д. А. ....	13
Грачев В. В. ....	16
Дюкина Н. С. ....	23
Евсевеева С. И. ....	26
Иванов Д. В. ....	16
Ивушкин К. А. ....	16
Каледин В. О. ....	29
Картаев Е. В. ....	4
Корягин М. Е. ....	36
Мошкун Н. П. ....	40
Мышляев А. В. ....	26
Мышляев Л. П. ....	16
Наумов В. А. ....	47
Наульзен А. Е. ....	50
Ульянов А. Д. ....	50
Файрушин Ш. А. ....	16
Фармолов Ш. Р. ....	54
Фомина А. В. ....	40
Черных Г. Г. ....	40
Шипунов М. В. ....	16
Юсуфов А. Т. ....	55

**Научное издание**

**КРАЕВЫЕ ЗАДАЧИ  
И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ**

**Тематический сборник научных статей**

Под общей редакцией Е. А Вячкиной, В. О. Каледина

Компьютерная верстка Е. А. Вячкина

Подписано к печати 27.03.2020 г. Формат 60×84<sup>1</sup>/16.  
Бумага писчая. Ризография. Уч.-изд. л. 3,68.  
Тираж 500 экз. Заказ 629.

Новокузнецкий институт (филиал)  
Кемеровского государственного  
университета.  
654000, г. Новокузнецк, просп. Металлургов, 19, тел. 74-15-41.  
Центр издательской деятельности  
root@nbikemsu.ru