

Палюх Б. В., д-р техн. наук, проф.,
Петропавловская В. Б., канд. техн. наук, доц.
Тверской государственной технической университет

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СИНТЕЗОМ БЕЗОБЖИГОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

victoria_petrov@mail.ru

Знания геологических процессов в отличие, например, от биологических, характеризуются большой степенью формализации и согласованностью во времени. Поэтому для решения задач геоники возможно создание интеллектуальных систем, основанных на методах управления знаниями. Под управлением знаниями понимается совокупность процессов, которые управляют созданием, распространением, обработкой и использованием знаний внутри комплексного объекта «человек – материал – среда обитания». Цель создания системы управления знаниями – эффективная эксплуатация общего ресурса знаний. Центральным звеном информационного обеспечения систем управления знаниями в области геоники являются базы знаний (БЗ). Для каждой БЗ должна быть разработана своя онтология знаний, которая определяет и интегрирует все источники знаний. В данной работе показано использование информационных систем и программно-технических продуктов при создании и управлении синтезом безобжигового композита нового поколения на основе мономинерального сырья.

Ключевые слова: геоника, управление знаниями, онтология знаний, безобжиговые композиты, управление синтезом.

Знания геологических процессов в отличие, например, от биологических, характеризуются большой степенью формализации и согласованностью во времени. Поэтому для решения задач геоники возможно создание интеллектуальных систем, основанных на методах управления знаниями. Знания – это связи и закономерности предметной области, в частности комплексного объекта «человек – материал – среда обитания», полученные в результате практической деятельности и профессионального опыта, позволяющего специалистам ставить и решать задачи геоники [1]. Под управлением знаниями понимается совокупность процессов, которые управляют созданием, распространением, обработкой и использованием знаний внутри комплексного объекта «человек – материал – среда обитания». Цель создания системы управления знаниями – эффективная эксплуатация общего ресурса знаний (в отличие от экспертной системы – где осуществляется поддержка одной задачи).

Определяющим признаком развития комплексного объекта «человек – материал – среда обитания» является эффективное использование знаний. Управление знаниями базируется на применении интеллектуальных систем, информационных технологий и ресурсов, ориентированных на следующие фундаментальные процессы:

1) Накопление знаний (электронные библиотеки, распределенные базы знаний), в основе которых важнейшую роль играют хранилища данных (ХД). ХД – это предметно-

ориентированная, интегрированная, некорректируемая, зависящая от времени коллекция данных, предназначенная для изучения комплексного объекта «человек – материал – среда обитания». Данные в хранилище не предназначены для модификации и должны быть согласованы во времени.

2) Обработка знаний (компьютерное обеспечение групповой работы, классические и новые поисковые технологии, информационно-аналитические системы). Их основу должны составлять базы знаний различного типа: продукционного, фреймы, семантические сети.

3) Распространение знаний о комплексном объекте «человек – материал – среда обитания» (сети Интернет/Интернет).

Очевидно, что полная реализация идеи применения интеллектуальных систем для решения задач геоники невозможна без соответствующей инфраструктуры распространения и обработки знаний об объекте «человек – материал – среда обитания». В этой связи необходимо разработать и реализовать проект технологической среды для предоставления потребителям высококачественных информационных и программно-технических услуг.

Центральным звеном информационного обеспечения систем управления знаниями в области геоники являются базы знаний (БЗ). В идеале БЗ должны включать все источники знаний. Это означает, что для каждой БЗ должна быть разработана своя онтология знаний, которая определяет и интегрирует все источники

знаний.

Онтология знаний включает 3 уровня:

1) верхний уровень (метаонтология). Отражает общие понятия, как «сущность», «свойство», «значение», «процесс», «событие». Это позволяет системе контролировать синтаксические конструкции понятий предметных областей, которые объявляются наследниками общих категорий;

2) онтология предметной области - набор понятий при проведении исследований процессов и явлений согласно теоретических основ геоники, логические правила, расширяющие семантику предметной области;

3) онтология задач - методы преобразования предметной области в процессе решения задач по управлению комплексным объектом «человек – материал – среда обитания». Методы обучения: дедуктивный (от общего к частному), индуктивный (от частного к общему), абдуктивный (от частного к частному).

Сегодня невозможно создание новых технологий производства материалов без современных научных подходов и интеллектуализации средств накопления, обработки и распространения знаний. Использование интеллектуальных систем в рамках развития основ строительного материаловедения позволяет обеспечить создание научно-технического заделов по управлению комплексным объектом «человек – материал – среда обитания».

Одной из задач геоники является синтез искусственных строительных композитов на основе теоретических и практических знаний о геологических процессах и законах, позволяющих обеспечить формирование структуры и свойств, присущих идентичным природным композитам.

Примером использования информационных систем и программно-технических продуктов для решения материаловедческой проблемы ресурсо- и энергосбережения может служить проект по созданию и управлению синтезом безобжигового композита нового поколения на основе мономинерального сырья с учетом его генезиса [1-5].

Процесс получения безобжиговых композитов, исключая стадию получения вяжущего вещества путем обжига сырьевых компонентов – природного или техногенного генезиса, определяется, прежде всего, протеканием физико-химических взаимодействий, основанных на негидратационном механизме твердения, который требует выполнения следующих условий:

- сближение частиц на расстояния действия химических связей;
- однородность новообразования и подложки;

– наличие в системе частиц, обладающих разной растворимостью;

– наличие приповерхностного слоя раствора, концентрация которого определяется размером частицы [3].

Эти условия взаимосвязаны: чем выше пересыщение раствора, тем больше может быть расстояние между частицами вещества, при котором возможно образование кристаллизационной структуры, что позволяет получать материал при достаточно низких давлениях прессования. Однако такие условия, например для двухводного гипса, способствуют образованию мелкокристаллической структуры, обладающей повышенной ползучестью. И наоборот, достаточно высокое давление прессования позволяет при поддержании незначительного уровня пересыщения ($\alpha^* \sim 1$), обеспечивать высокую прочность получаемого материала, за счет формирования кристаллов оптимального размера [1, 6, 7]. Управление синтезом такого композита на всех стадиях его получения - сложная многокритериальная задача, требующая создания системы управления взаимосвязанными критериями оптимизации его показателей качества [8,9].

Общая модель управления синтезом безобжигового композита нового поколения W может быть представлена как структура вида

$$W = \langle F, S, M \rangle, \quad (1)$$

где $F = \{F_i\}$, $i = \overline{1, I}$ – множество показателей качества сырья, полуфабрикатов (сухих порошков, готовой сухой сырьевой смеси, увлажненной сырьевой смеси и др.), готового материала (фактов); $S = \{S_j\}$, $j = \overline{1, J}$ – множество состояний материала (исходные сырьевые компоненты, промежуточные полуфабрикаты строительного композита, готового продукта на выходе технологического процесса; $M = \{M_k\}$, $k = \overline{1, K}$ – множество путей получения готового продукта.

Тогда задача синтеза продукта с заданными показателями качества представляет собой поисковую задачу размерностью $I \times J \times K$. Структуризация задачи поиска нового материала позволяет преобразовать (1) в граф, узлами которого являются элементы $S_j \in S$, а дуги определяются множеством M .

Множество терминальных (т.е. не связанных с последующими) узлов $S_t \in S$ в графе представляет собой множество исходных сырьевых компонентов.

Построение графа программируется в виде продукционных правил базы знаний. Логические операции «И» и «ИЛИ» представляются на графе согласно рис.1.

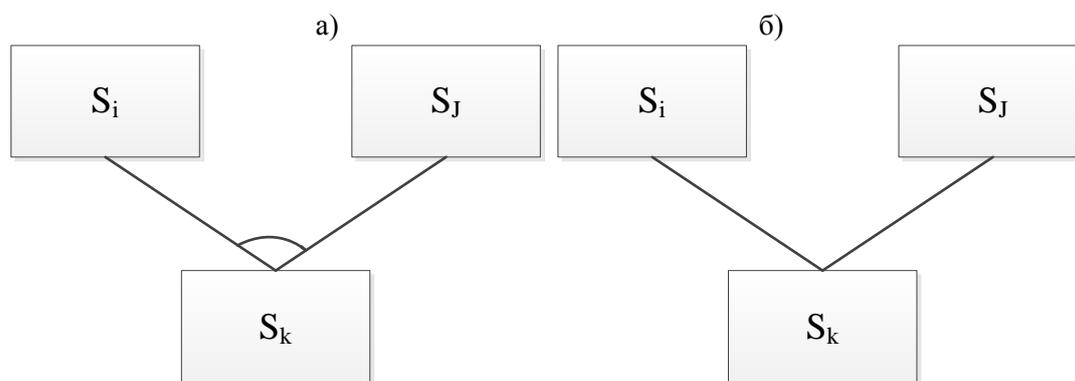


Рис. 1. Логические операции:

а) «И», б) «ИЛИ»

Обозначим S_0 – новый продукт с заданными показателями качества; $S_{11}, S_{12}, S_{13}, \dots$ – исходные сырьевые компоненты; S_1, S_2, S_3, \dots – промежуточные полуфабрикаты технологического процесса; F_1, F_2, F_3, \dots – показатели качества; M_1, M_2, M_3, \dots – пути получения композита (рис.2).

В качестве исходных сырьевых компонентов S_{11}, S_{12}, S_{13} могут быть приняты карбонатные или сульфатные горные породы или мономинеральные отходы промышленности в виде отходов и отсеков гипсового камня, отходы камнепиления и др.

Контроль показателей качества $F_{11}, F_{12}, F_{13}, \dots, F_{16}$ на всех этапах создания готового продукта позволяет управлять процессом получения материала с заданными свойствами.

При решении поставленной задачи стадия проектирования (рис. 3) выбрана в качестве лимитирующей, определяющей основные эксплуатационные (потребительские) характеристики получаемого в дальнейшем рыночного продукта, т.к. процесс структурообразования негидратационных систем определяется, прежде всего, составом сырьевой смеси.

Анализ безобжиговых изделий как систем осуществлялся на основе построения когнитивной карты, что позволило установить взаимосвязь объектов управления и множественные причинно-следственные отношения между факторами.

На основе разработанной когнитивной карты управления технологией получения безобжигового материала ранжированы структуры критериев оптимизации, затем разработаны процедура однокритериальной оптимизации процессов по каждой из характеристик материала и процедура многокритериальной оптимизации структуры и свойств безобжигового кирпича (рис.4).

Использование когнитивной карты позволило определиться с элементарными факторами управления технологией изготовления материала (количество фракций или полидисперсных порошков в составе сырьевой смеси, средний

диаметр, характеризующий каждую фракцию или полидисперсный порошок, влажность сырьевой смеси и т.д.) с разработкой иерархической структуры критериев. По каждому критерию в отдельных задачах определяются количественные показатели. Устанавливаются зависимости между критериями, выявленные методами математического моделирования и статистического анализа. Они представляют собой либо эмпирические закономерности, либо являются результатами процедур оценки гипотез и взвешивания факторов. Иерархическая структура системы с оценками её элементов (рис.4) построена в соответствии с разработанной иерархией критериев и выделенными комплексами решаемых частных задач и служит основой перспективного планирования всего комплекса работ и отдельных систем управления. Определены ее части для разных уровней управления.

Требования к макроуровню (готовому продукту) определяет потребитель (внешняя среда, являющаяся по отношению к строительному материалу – сложной технической системе – надсистемой). Требования к предыдущим уровням определяются с учетом экстенсивных свойств используемых компонентов. Причем совмещается несколько компонентов, одним из которых является промежуточный структурный компонент, оптимизированный на предыдущем уровне. Таким образом, основные функциональные свойства материала должны повторяться на каждом структурном уровне «полуфабриката» и дополняться с учетом технологических особенностей рассматриваемого уровня.

Управление синтезом строительного композита является составной частью общей системы управления и представляет собой установление, обеспечение и поддержание необходимых параметров путем целенаправленного воздействия на условия и факторы, определяющие свойства и качество продукта в целом.

Гранулометрический состав дисперсной системы на основе мономинеральных порошков (двуводного гипса, известняка, доломита и др.),

определяющий внутреннюю структуру, рассчитывается с использованием критерия оптимальности – числа фазовых контактов, и количественной характеристики бинарной сырьевой

смеси – соотношения средних размеров частиц в составе отдельных порошков, из которых составлена смесь.

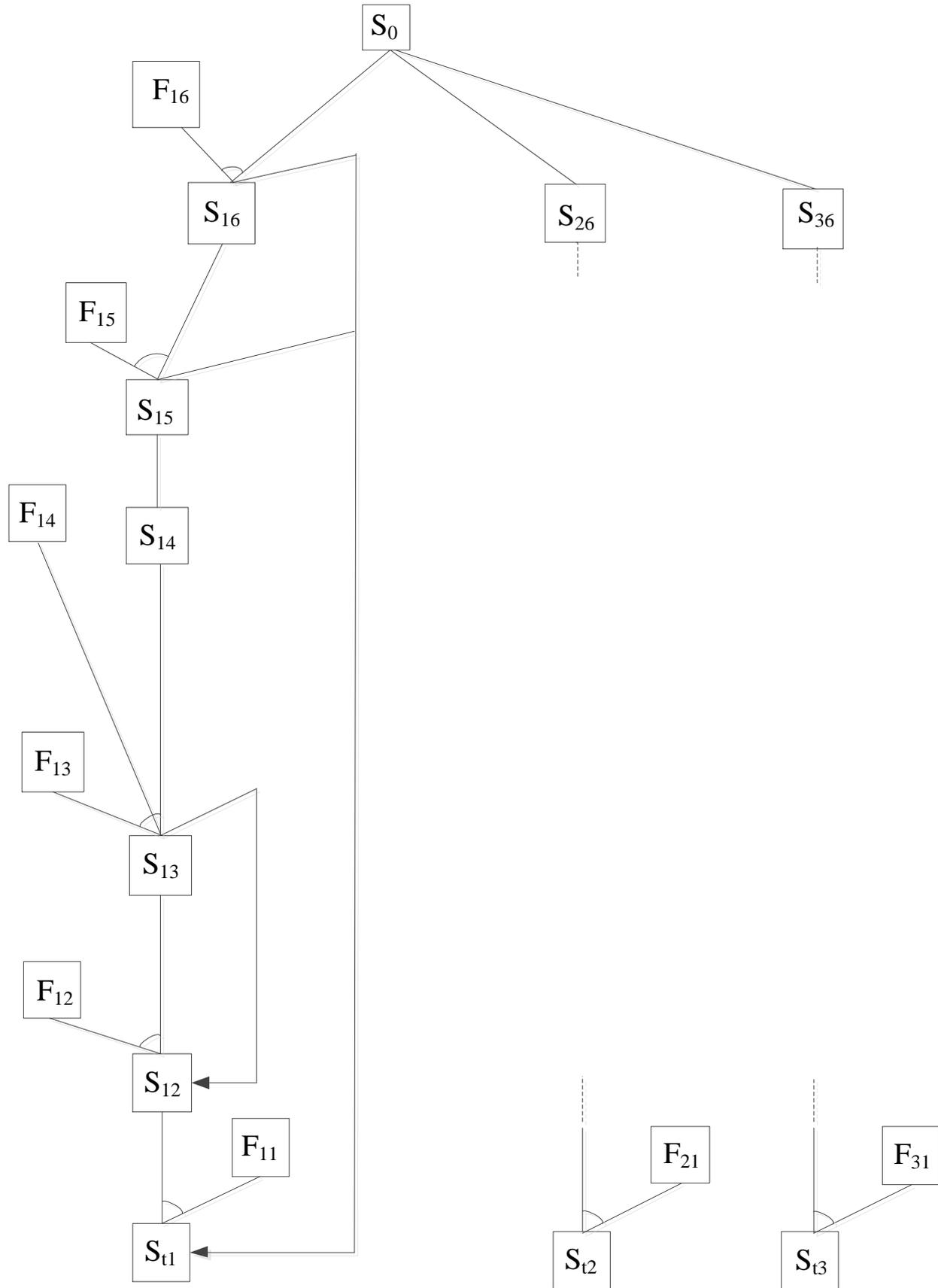


Рис. 2. Фрагмент графа синтеза безобжиговых композитов

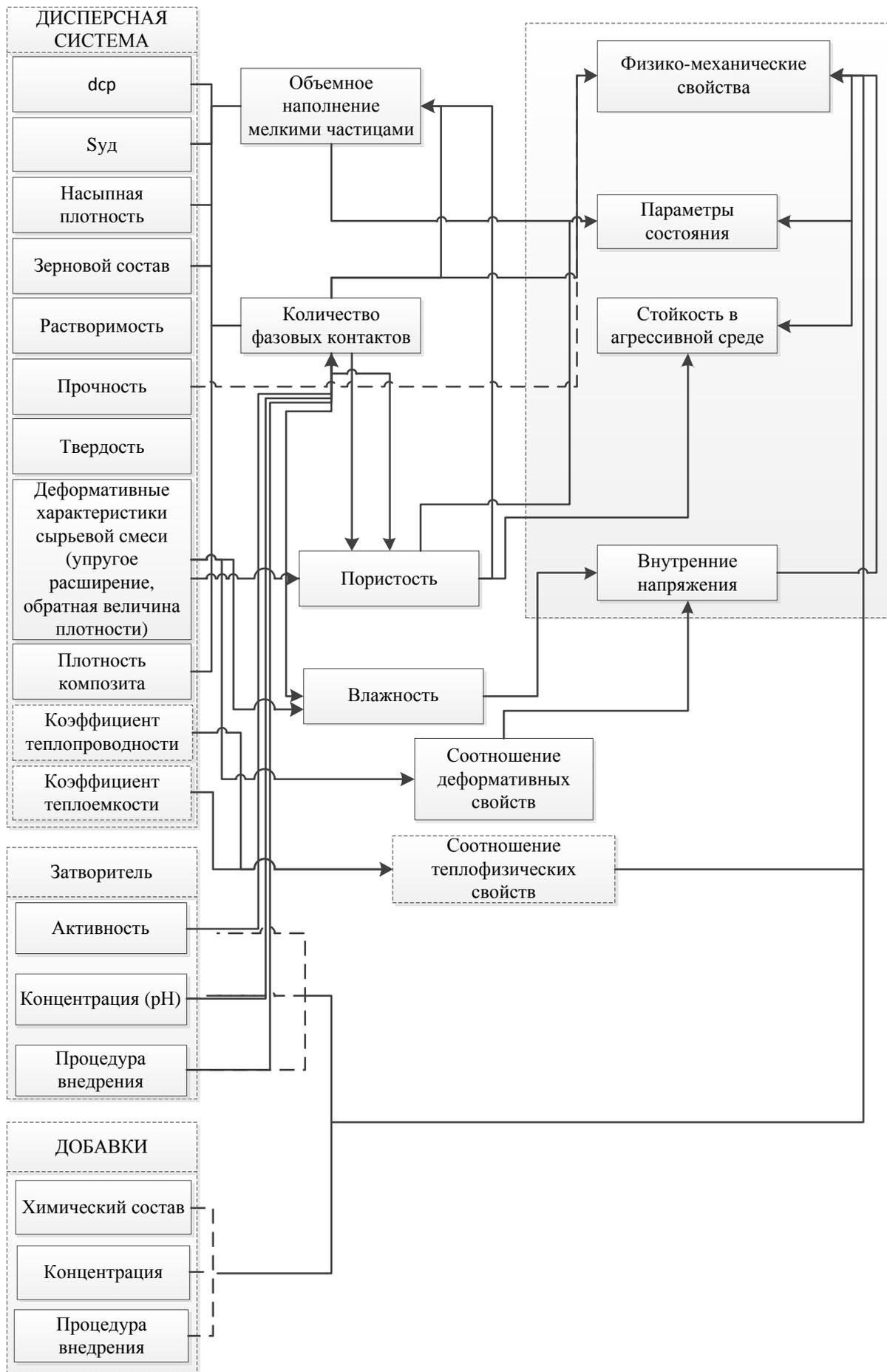


Рис. 3. Когнитивная карта управления синтезом прессованного безобжигового композита

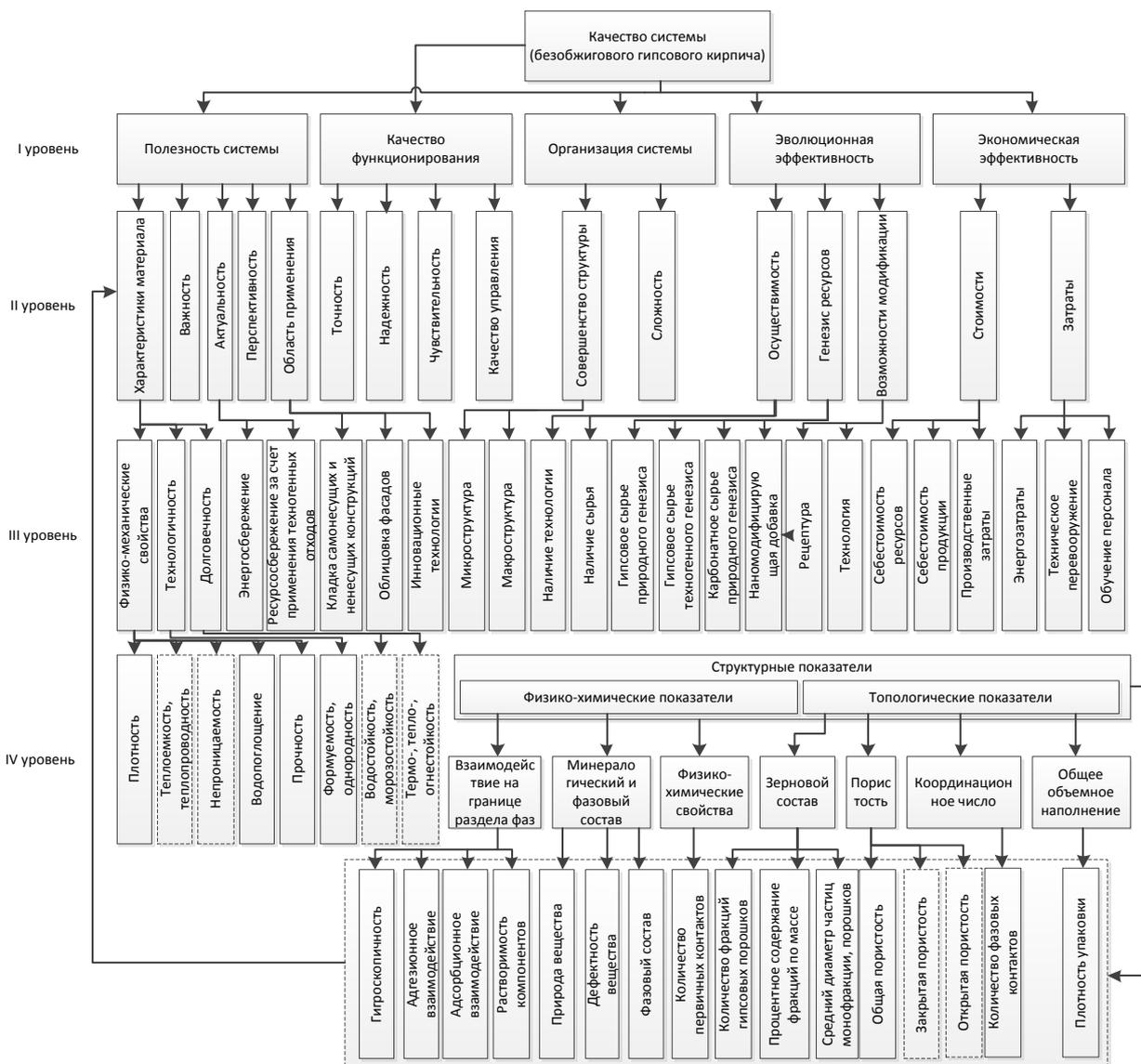


Рис. 4. Иерархическая структура критериев качества безобжигового гипсового кирпича

Разработанная компьютерная пространственная модель, применяемая на этапе синтеза композита, позволяет исследовать процесс упаковки бифракционного массива частиц (рис.5), с возможностью задания их размеров и количества, что позволяет получать различные структуры бинарных систем. Результатом работы программы является построенная трехмерная модель упаковки частиц; рассчитанный объем упакованных частиц; объем пустот; число контактов, образующихся на поверхности крупной частицы; количество контактов на единичной поверхности крупной частицы.

Результаты исследований топологических характеристик используются в дальнейшем на стадии проектирования и управления рецептурными факторами.

Установленные зависимости позволяют описать систему наиболее общим образом и создать на их основе модель управления техноло-

гией производства безобжиговых изделий с использованием системного подхода.

Следующим этапом является построение контекстной диаграммы для процесса производства прессованного безобжигового гипсового кирпича, являющейся вершиной древовидной структуры и представляет собой общее описание процесса и его взаимодействия с внешней средой (рис. 6).

Контекстная диаграмма в данном проекте моделирует систему наиболее общим образом. Она отражает интерфейс системы с внешним миром, а именно, описание комплексного объекта «человек – материал – среда обитания» с позиции технологии получения высококачественных безобжиговых изделий.

Разработка контекстной диаграммы включала определение:

- субъекта моделирования;
- цели, как критерия окончания моделиро-

вания;
 - точки зрения модели, как определение объема, состава информации и формы подачи информации;

- ограничений, налагаемых на объект;
 - построение диаграммы верхнего уровня и ее обобщение.

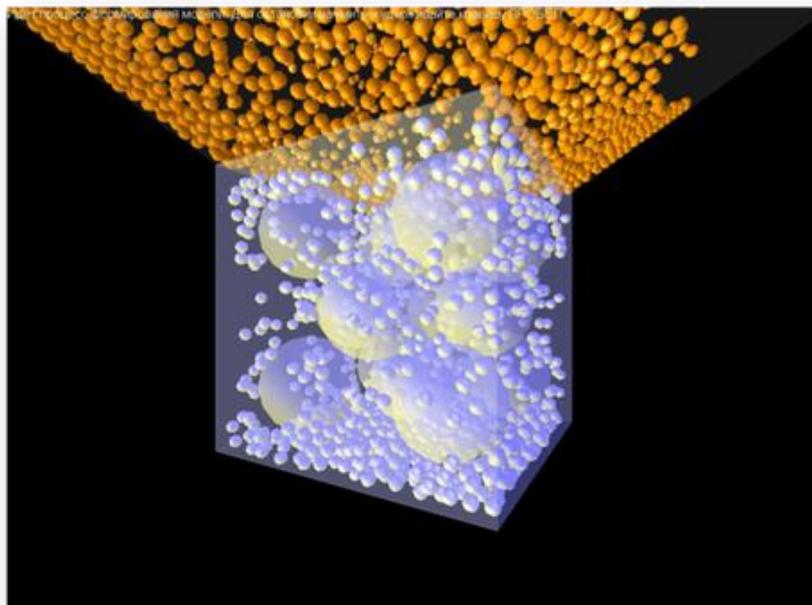


Рис. 5. Моделирование процесса формирования структуры порошкового композита на основе бинарной сырьевой смеси двуводного гипса

Анализ контекстной диаграммы процесса показывает, что для разработки эффективного производства необходимо составить алгоритм производства, подготовить рабочую документацию, соответствующую нормативным докумен-

там, в том числе и международным стандартам качества.

Путём декомпозиции контекстной диаграммы созданы родительская (рис.7) и дочерняя диаграммы.

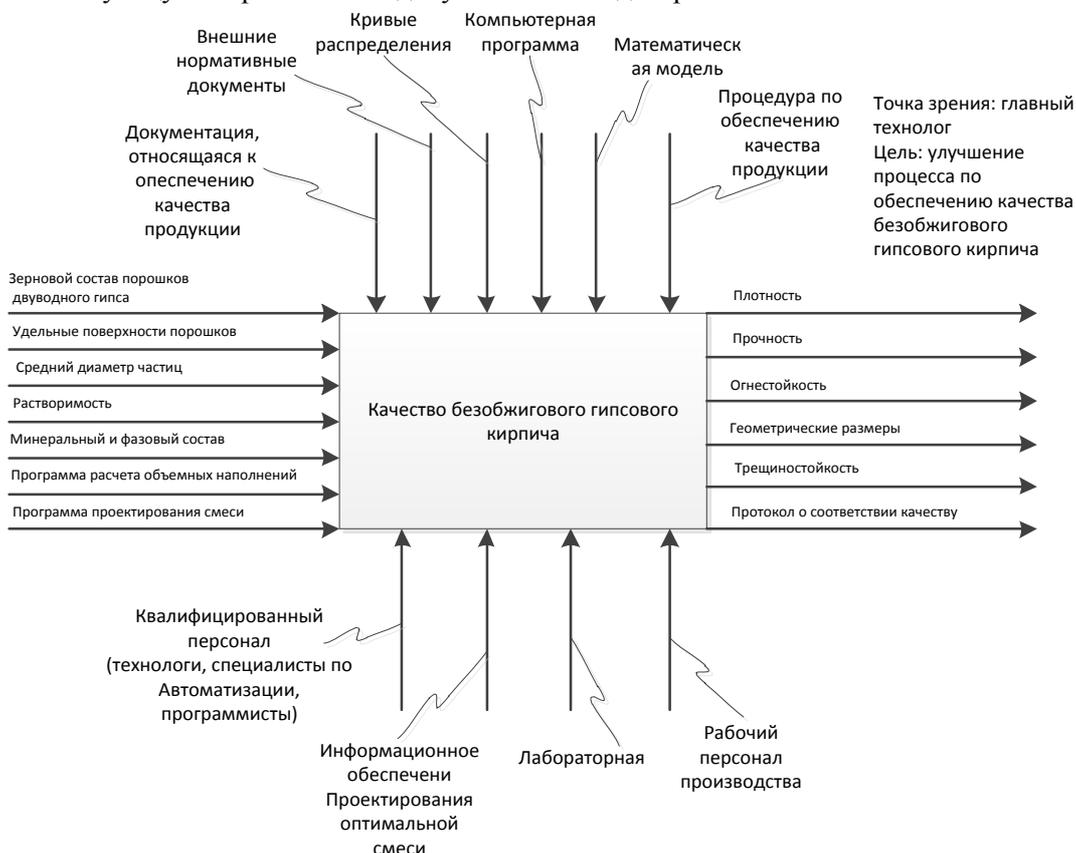


Рис. 6. Контекстная диаграмма процесса производства безобжиговых изделий

Дочерняя диаграмма производства безобжиговых изделий также охватывает жизненный цикл создания продукции от этапа проектирования продукции до этапа испытания готовой продукции, но описывает ее более подробно.

В дальнейшем предполагается, что каждая из подфункций дочерней диаграммы будет детализирована путем аналогичной декомпозиции соответствующего ей функционального блока (проектирование состава; приготовление сырьевой смеси) с указанием соответствующих информационных потоков.

Анализ родительской диаграммы процесса производства безобжиговых изделий показыва-

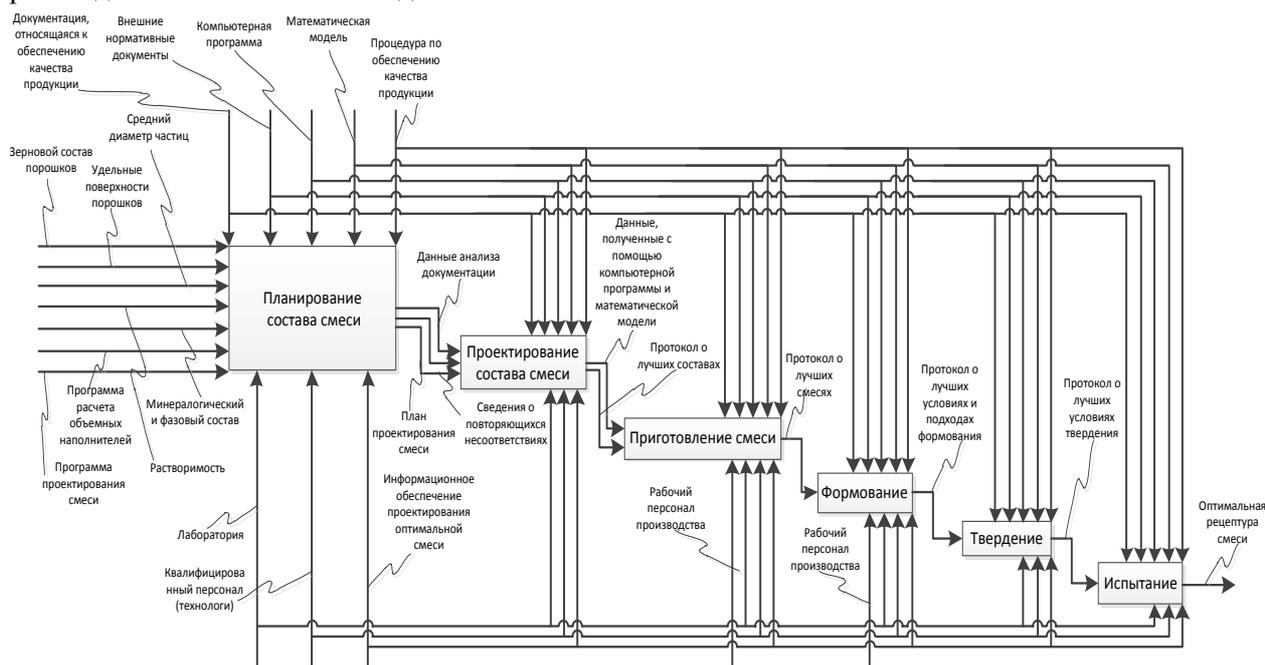


Рис. 7. Родительская диаграмма процесса производства безобжиговых изделий

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесовик В.С. Геоника. Предмет и задачи. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. 213 с.
2. Палюх Б.В. Виноградов Г. П. Механизмы управления эволюцией организационно-технологической системы // Программные продукты и системы. 2012. № 2(98). С. 3-8.
3. Петропавловская В.Б., Белов В.В., Бурьянов А.Ф. Твердеющие кристаллизационные системы на основе порошков двуводного гипса // Строительные материалы. 2007. №12. С.46-47.
4. Пат. РФ №2297399/27, 05.12.2005. Петропавловская В.Б. Способ изготовления изделий из гипса / Патент России №2005137935; 2007. Бюл.№11.
5. Гарькина И.А. Моделирование процессов формирования структуры и свойств строительных материалов для управления их качеством: Автореф. дис. д-ра техн. наук. Саранск. 2009. 37 с.

ет, что эффективность процесса определяется организацией лимитирующего этапа (процесса проектирования), а также контроля и анализа информации в лаборатории, в цехах и на соответствующих участках.

Таким образом, использование системного подхода в проектировании и создании безобжиговых материалов нового поколения позволяет не только описать процесс и его взаимодействие с внешней средой, но и организовать максимально эффективный процесс управления технологией их получения на основе правильного распределения информационных потоков.

6. Оптимизация внутренней структуры дисперсных систем негидратационного твердения / В.Б. Петропавловская, Т.Б. Новиченкова, А.Ф. Бурьянов, А.П. Пустовгар // Строительные материалы. 2010. №7. С.22-23.

7. Петропавловская В.Б., Белов В.В., Новиченкова Т.Б. Регулирование свойств безобжиговых гипсовых материалов // Строительные материалы. 2008. №8. С.14-15.

8. Свидетельство ПР-ЭВМ РФ №2011615905. Белов В.В., Новиченкова Т.Б., Образцов И.В. Расчет топологических параметров сыпучих дисперсных систем. №2011614066, 2011.

9. Использование отходов природного гипсового камня в производстве безобжиговых материалов / В.Б. Петропавловская, В.В. Белов, Т.Б. Новиченкова, Ю.Ю. Полеонова, А.Ф. Бурьянов // Строительные материалы. 2012. № 7. С.28 -30.