

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Пермский национальный исследовательский политехнический университет

На правах рукописи

КРИВОГИНА ДАРЬЯ НИКОЛАЕВНА

**ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ВЫБОРА ХАРАКТЕРИСТИК
МАТЕРИАЛОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
АССОРТИМЕНТНОГО ПОДХОДА (НА ПРИМЕРЕ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА)**

05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации
(технические и информационные системы)

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
заслуженный работник высшей школы РФ,
доктор технических наук, профессор
Харитонов Валерий Алексеевич

Пермь, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. АНАЛИЗ АКТУАЛЬНОСТИ АССОРТИМЕНТНОГО ПОДХОДА К ВЫБОРУ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	13
1.1 Анализ современных подходов к выбору материалов строительных конструкций из бетона	13
1.2. Анализ технологий изготовления строительных материалов и конструкций из тяжелого бетона	18
1.3. Анализ рецептурно-технологических параметров производства строительных материалов из бетона	22
1.4. Анализ требований к характеристикам материалов строительных конструкций.....	28
1.5. Концепция управления ассортиментом строительных материалов и конструкций на основе учета условий эксплуатации и функционального назначения.....	33
1.6. Обоснование необходимости разработки автоматизированной системы решения линейных задач ранжирования / выбора характеристик строительных материалов	39
ВЫВОДЫ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ	46
2. РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОПИСАНИЯ МНОЖЕСТВА АЛЬТЕРНАТИВ МАТЕРИАЛОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	48
2.1. Разработка моделей, описывающих зависимости экспериментальных характеристик продукции от параметров смесеобразования.....	48
2.1.1 Построение уравнений регрессии, описывающих характеристики готовой продукции из бетона	51
2.1.2. Получение множества альтернатив строительных материалов в виде матриц-массивов	62
2.1.3. Построение функций приведения характеристик строительного материала	66
2.2. Разработка процедуры субъектно-ориентированного ценообразования ассортимента строительных материалов	68
2.2.1. Разработка концептуальной модели субъектно-ориентированного ценообразования.....	68

2.2.2. Процедура реализации субъектно-ориентированного ценообразования.....	74
ВЫВОДЫ ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ	80
3. РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ВЫБОРА ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	81
3.1. Структура системы управления проектированием и производством ассортимента строительных материалов и конструкций.....	82
3.2. Архитектура информационной системы выбора материалов строительных конструкций объектов недвижимости.....	86
3.3. Постановка задач выбора ассортиментных единиц строительных конструкций.....	94
3.4. Разработка функционально-алгоритмической структуры информационной системы выбора.....	100
3.4.1. Алгоритм исследования альтернативных строительных материалов	104
3.4.2. Алгоритм поиска альтернатив строительных материалов в рамках решения многокритериальной задачи выбора	105
3.5. Модельный пример решения задачи выбора ассортиментных единиц строительных конструкций.....	109
ВЫВОДЫ ПО ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ	121
4. АПРОБАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ВЫБОРА ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	123
4.1. Анализ опыта эксплуатации строительных конструкций, изготовленных из строительных материалов, выбранных на основе принципа унификации	123
4.2. Применение информационной системы при выборе характеристик материала для плит перекрытия	130
4.3. Оценка эффективности выбранных альтернатив строительных материалов	141
4.3.1. Коэффициент эффективности ранжирования	142
4.3.2. Продолжительность эффективной эксплуатации элементов зданий	147
4.3.3. Технико-экономическая эффективность применения информационной системы	150

ВЫВОДЫ ПО ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЕ	152
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	153
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	155
СПИСОК ТЕРМИНОВ	156
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	158
СПИСОК ИЛЛЮСТРАТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ	177
СПИСОК ТАБЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ	181
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Концепция управления ассортиментом строительных материалов и конструкций в расширенном виде	184
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Данные испытаний образцов бетона (кубиков с размером ребер 10×10)	185
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Матрица планирования эксперимента для различных характеристик строительного материала.....	187
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Расчет погрешности эксперимента для характеристики строительного материала.....	192
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Функции приведения потребителя	197
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Модели предпочтений потребителя и производителя при реализации процедуры ценообразования альтернатив материала	198
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. Матрицы-массивы характеристик с шагом дискретности 20×20.....	199
ПРИЛОЖЕНИЕ З. Расчет нагрузок на плиту перекрытия над подвалом.....	204
ПРИЛОЖЕНИЕ И. Акты внедрения результатов работ	211
ПРИЛОЖЕНИЕ К. Образец свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ	217

ВВЕДЕНИЕ

К современным тенденциям отечественного строительного производства, представленным в концепции энергосбережения и стратегии развития промышленных строительных материалов, относятся повышение его темпов, качества продукции при одновременном снижении затрат на производство, эксплуатацию зданий и сооружений путем применения современных информационных технологий. Поэтому на предприятиях строительной отрасли особо востребованы различные информационные системы, в том числе позволяющие осуществлять выбор качественных параметров готовой продукции из тяжелого бетона (ТБ), объемы изготовления которого ежегодно увеличиваются.

В настоящее время выбор материалов для изготовления строительных конструкций (СК) основан на принципе унификации, в соответствии с которым показатели качества изделий определяются параметрами технических характеристик, имеющих широкий диапазон допустимых значений в рамках одной нормативной единицы (класса, марки и т.д.). Такой подход не предполагает сложного анализа конструктивных схем здания при обосновании типа материалов строительных конструкций, так как вся продукция считается универсальной и имеет широкую область применения. Однако активно развивающееся направление информационного моделирования зданий (Building Information Modeling – BIM), включающее сбор и комплексную обработку данных об объекте недвижимости на протяжении всего жизненного цикла, в сочетании с ассортиментным подходом делает возможным применение строительных конструкций, обладающих различными свойствами. Ассортиментный подход позволит учесть их условия эксплуатации (УЭ) и функциональное назначения (ФН) на этапе проектирования, а BIM-технологии управлять состоянием объекта в период его строительства и эксплуатации, в том числе на этапах модернизации (смена УЭ и ФН), реконструкции и сноса.

Продукция из бетона обладает широким спектром свойств, что делает задачу разработки ассортимента строительных конструкций (АСК) многофакторной. Необходимые показатели свойств конструкций могут быть достигнуты за счет

применения различных вариантов технологий, что характеризует эту задачу как многоальтернативную. В силу этого задача разработки АСК является когнитивно сложной и ее решение требует от специалистов, принимающих решения (ЛПР) как со стороны потребителя, так и со стороны производителя, глубоких производственных и технологических знаний, что в современных условиях не всегда возможно. Решение данной проблемы лежит в области применения информационного обеспечения разработки АСК, которое должно быть представлено информационной системой (ИС) выбора характеристик материалов строительных конструкций и включать процедуру ранжирования представляемого множества альтернатив с установлением на нем отношения строгого порядка для обеспечения обоснованности принимаемых решений. В данной системе реализацию ассортиментного подхода предлагается достигать на основе формализации экспертных правил, обеспечивающей укрепление структурных связей между подсистемами потребителя и производителя системы управления проектированием и производством ассортимента строительных конструкций и позволяющей достичь максимального соответствия свойств продукции УЭ и ФН.

Актуальность данной работы подтверждается востребованностью разработки информационной системы выбора характеристик материалов строительных конструкций, применение которой позволит обеспечивать высокую степень соответствия свойств готовой продукции из тяжелого бетона условиям эксплуатации и функциональному назначению.

Степень разработанности темы. В конце прошлого столетия стали предприниматься **попытки моделирования процессов производства строительных материалов** из бетона с целью прогнозирования и оптимизации их свойств. Значительный вклад в данную область исследования внесли работы Алимова Л.А. [11], Дворкина Л.И. [53, 54], Баженова Ю.М. [8, 9, 109], Невского В.А., Подвального А.М. [107], Гольдштейна Б.Г. [97], Гарькиной И.А. [97] и Данилов А.М. [38], Al-Taan S.A. [154], Anant R. [155], Mos B. [157], Chaohua J. [159], Hanus M.J. [167], Nguyen G.D. [170], Chen Da [159], Ellad T. [162] и т.д. Авторами изучалось влияние соотношения исходных сырьевых компонентов

на показатели качества готового продукта и возможности удержания данных показателей на нормативном уровне. Однако в представленных работах управление качеством готовой продукции по параметрам оптимизации смесеобразования осуществляется по локальному критерию, а другие параметры либо искусственно ограничиваются, либо не учитываются вообще.

Исследованию экспертных методов **решения задач выбора** посвящено множество исследований, среди которых можно выделить работы Азгальдова Г.Г. [2], Подиновского В.В. [109], Орлова А.И., Clemen R. [160], Reilly T. [160, 174], Sage A. [176, 177], а также Харитоновна В.А. [70, 78] и Алексеева А.О. [4, 70, 78], разработавших концепцию субъектно-ориентированного управления. Однако в данных работах не рассматривается композиция моделей предпочтений потребителя и производителя при решении задач выбора СМ на множестве альтернатив в отношении ожидаемых показателей качества и ценовой привлекательности готовой продукции.

Известные системы поддержки принятия решений, изложенные в работах Turban E. [178], Sage A. P. [177], Delan D. [178], Баркалова С.А. [102, 157, 158], Зиновкина В.В. [61], Кулиничка Э.М. [61], Гофмана Г.М., Галицкова К.С. [36, 37], Дерябина А.И. [7, 71], Логвинского О.В. Шаманова В.А. [74, 148], Курзанова А.Д. [74] и др., **включают модели и алгоритмы управления изготовлением строительной продукцией**. Работа данных систем направлена на удержание в области нормативных требований значений качественных характеристик продукции за счет оптимального дозирования и коррекции рецептурно-технологических параметров. Результаты данных исследований основаны на принципе унификации и не предполагают возможность применения продукции с различными свойствами на основе учета условий эксплуатации и функционального назначения.

Наличие современных научных трудов по тематике диссертации позволяет сделать вывод о том, что решение задачи управления характеристиками материалов строительных конструкций на основе учета УЭ и ФН находится в

стадии поиска решения, что подтверждает актуальность темы диссертационного исследования.

Объектом исследования является система управления проектированием и производством материалов строительных конструкций из тяжелого бетона.

Предметом исследования являются модели и алгоритмы выбора характеристик материалов строительных конструкций при их проектировании и производстве на основе учета условий эксплуатации и функционального назначения.

Целью исследования является повышение эксплуатационных характеристик конструктивных элементов здания при одновременной экономии сырьевых ресурсов на основе обеспечения соответствия их свойств условиям эксплуатации и функциональному назначению с помощью разрабатываемой информационной системы выбора.

Для достижения данной цели были поставлены **следующие задачи**:

1) разработать концепцию управления ассортиментом строительных материалов и конструкций на основе учета их УЭ и ФН;

2) разработать алгоритм исследования альтернативных строительных материалов на примере ТБ, включающий построение наборов матриц-массивов и их заполнение физическими или квалиметрическими и комплексными оценками качественных характеристик готовой продукции, а также процедуру субъектно-ориентированного ценообразования;

3) осуществить постановку задач выбора ассортиментных единиц строительных конструкций и разработать модели и алгоритмы информационной системы выбора характеристик материалов строительных конструкций на основе учета условий эксплуатации и функционального назначения;

4) осуществить реализацию, внедрение и оценку эффективности информационной системы выбора характеристик материалов строительных конструкций.

Теоретической и методологической основой исследования являются труды отечественных и зарубежных ученых в области производства строительных

материалов (Баженов Ю.М., Алимов Л.А., Дворкин Л.И., Дворкин О.Л., Гоц В.И., Воронин В.В.), математического планирования экспериментов и регрессионного анализа (Гитман М.Б), системного анализа (Кафаров В.В., Мешалкин В.П., Дорохов И.Н., Мошев Е.Р.) и оптимизации производства строительной продукции (Данилов А.М., Гаркина И.А.), методов и средств анализа обработки информации и управления сложными системами (Южаков А.А., Столбов В.Ю., Гитман М.Б., Баркалов С.А., Сазонов С.Ю., Дерябина А.И.), теории принятия решений и комплексного оценивания сложных объектов (Новиков Д.А., Орлов А.И., Clemen R., Reilly T., Sage A., Харитонов В.А., Алексеев А.О., Каргин Н.А.).

Информационную базу исследования составили данные испытаний образцов тяжелого бетона с предприятия АО «Стройпанелькомплект», данные Федеральной службы государственной статистики о ценах и тарифах предприятий Пермского края, аналитические отчеты о реализации изделий из бетона в Пермском крае, другие статистические данные, необходимые для оценки достоверности результатов моделирования.

Положения, выносимые на защиту, обладающие научной новизной:

1. Разработана концепция управления ассортиментом строительных материалов и конструкций, *отличающаяся* учетом мнений потребителя и производителя в отношении свойств готовой продукции при ранжировании характеристик материалов и установлении отношения строгого порядка между ними, что *позволяет* ставить задачи выбора ассортимента строительных конструкций с учетом их функционального назначения и условий эксплуатации. (п. 2 *Формализация и постановка задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации* паспорта специальности 05.13.01 ВАК РФ).

2. Разработан алгоритм исследования альтернативных строительных материалов на примере тяжелого бетона, свойства которых зависят от процесса дозирования компонентов. Алгоритм *отличается* построением наборов матриц-массивов, элементами которых могут быть физические, квалиметрические и комплексные оценки качественных характеристик готовой продукции,

полученные на основе процедуры согласования интересов потребителя и производителя в отношении свойств изделий при ценообразовании, что *обеспечивает* реализацию ассортиментного подхода (п. 5 *Разработка специального математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации* паспорта специальности 05.13.01 ВАК РФ).

3. Разработаны модели и алгоритмы информационной системы выбора характеристик материалов строительных конструкций, *отличающиеся* возможностью учета условий эксплуатации и функционального назначения готовых изделий на основе процедуры ранжирования характеристик материалов с установлением отношения строгого порядка между ними, включая построение системных ограничений и комплексных критериев качества в отношении свойств конструкций потребителем и производителем. Это *позволяет* осуществлять выбор строительных материалов с максимальными значениями комплексных оценок эксплуатационных характеристик (п. 10 *Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации* паспорта специальности 05.13.01 ВАК РФ).

Теоретическая значимость диссертации заключается в разработке концепции нового ассортиментного подхода к выбору свойств материалов строительных конструкций из тяжелого бетона, обеспечивающих высокую степень соответствия их параметров, включая результаты неманипулируемого ценообразования, заданным условиям эксплуатации и функциональному назначению.

Практическая значимость. Разработанная информационная система, включающая процедуру ранжирования, позволяет осуществлять обоснованный выбор материалов, обеспечивающих соответствие технических характеристик строительных конструкций условиям эксплуатации и функциональному назначению, и способствует экономии сырьевых ресурсов за счет целенаправленного управления параметрами смесеобразования. Результаты диссертационного исследования были использованы в практике деятельности компаний

АО «СтройПанельКомплект», АО «ПЗСП» и АО «Эрон» при разработке перспектив развития компаний и в отношении расширения выпуска ассортимента строительных конструкций, что подтверждается актами о внедрении результатов диссертационной работы.

Полученные научные и практические результаты применяются в учебном процессе кафедры «Строительный инжиниринг и материаловедение» ПНИПУ в рамках дисциплин «Оптимизация и управление технологическими процессами», «Методы решения научно-технических задач в строительстве».

Степень достоверности и апробация работы. Основные положения концепции управления ассортиментом строительных материалов и конструкций соответствуют методологии управления, математического моделирования и информационного моделирования зданий. Математические модели строились на основе результатов реальных лабораторных испытаний образцов бетона. Проверка гипотез, использованных при планировании эксперимента, подтвердила состоятельность используемых данных, а результаты моделирования не противоречат результатам, полученным с применением известных подходов. Достоверность результатов управления ассортиментом строительных материалов и конструкций на основе моделей и алгоритмов информационной системы подтверждается актами успешного внедрения на предприятиях строительной отрасли.

Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на научно-методических семинарах кафедры «Строительный инжиниринг и материаловедение», IV Международной конференции «Проблемы безопасности строительных критичных инфраструктур» (г. Екатеринбург, 2018); XXI Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям (г. Санкт-Петербург, 2018); Всероссийских школах-конференциях молодых ученых «Управление большими системами» (г. Волгоград, 2015, г. Самара, 2016, г. Пермь, 2017, г. Воронеж, 2018); XXII Байкальской Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении» (г. Иркутск, 2017, 2018); XII Международной научно-практической конференции «Современ-

ные сложные системы управления» (г. Липецк, 2017); XVIII Международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах» (г. Самара, 2016 г.).

Публикации. По результатам исследования опубликовано 15 печатных работ, из них 5 работ в периодических изданиях, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных результатов диссертационных исследований, в том числе 2 статьи индексируются в международной реферативной базе цитирования Scopus; получено одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем работы. Диссертация содержит введение, 4 главы и заключение, изложенные на 157 страницах машинописного текста. В работу включены 55 рисунков, 51 таблица, 8 приложений и список литературы, содержащий 182 источника.

Автор выражает искреннюю благодарность канд. экон. наук Алексееву А.О. и канд. техн. наук Шаманову В.А. за участие в обсуждении результатов и помощь при оформлении диссертации.

1. АНАЛИЗ АКТУАЛЬНОСТИ АССОРТИМЕНТНОГО ПОДХОДА К ВЫБОРУ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

1.1. Анализ современных подходов к выбору материалов строительных конструкций из бетона

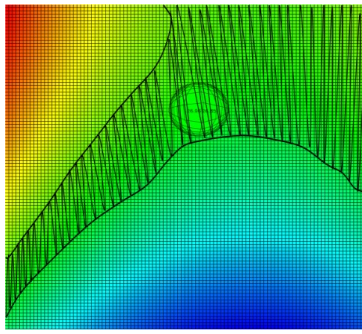
В настоящее время широко используются изделия и конструкции из бетона. Они имеют различное назначение (несущие, ограждающие) в объекте недвижимости и отличаются друг от друга по виду входящего в их состав сырья и технологии производства [5, 25, 41, 54, 61, 132, 141, 144]. Особое внимание уделяется качеству готовых изделий [6, 14–16, 28, 66]. Предприятия активно ведут политику, направленную на получение однородной продукции с максимально близкими значениями качественных параметров однотипных готовых изделий [143, 148]. Показатели качества готового изделия определяются значениями их технических характеристик, которые должны соответствовать нормативным требованиям (классам, маркам и т.д.). Показатели качества изделий зависят от множества параметров (качество сырьевых компонентов, состава смеси, этапов перемешивания и затворения водой компонентов, этапов формования, условий твердения изделий и т.д.) и достигаются поэтапно [9, 10]. В целом процесс изготовления строительных конструкций (далее СК) состоит из множества узлов технологической линии, на которых осуществляются соответствующие операции преобразования исходного сырья в готовый продукт. Поэтому каждая, даже незначительная, помеха на технологической линии может привести к отклонению характеристик материала от допустимых нормативных показателей. В случае возникновения непредвиденных помех на технологической линии производства строительных конструкций или использования сырьевых компонентов с нестабильным качеством процесс удержания характеристик в допустимой нормативной области осуществляется за счет целенаправленного управления рецептурно-технологическими параметрами изготовления строительных материалов (далее СМ) [8, 37, 113]. Таким образом, по принципу унификации (единообразия технических характеристик) в современном

строительстве обеспечиваются определенные гарантии качества применяемой продукции. Отсюда можно сделать вывод, что сложившийся подход к управлению выпуском СК основан на установлении области нормативных требований к их техническим характеристикам $\sigma_{\text{норм}}$ и их удержании в данной области [4]:

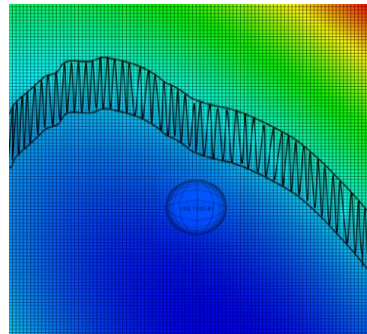
$$\sigma_{\text{норм}} = \bigcap_{m=1}^M \sigma_{\text{норм}}^m, \quad (1)$$

где $\sigma_{\text{норм}}^m$, $m \in \overline{1, M}$ – множество вариантов управления m -й характеристикой СМ, соответствующей нормативным требованиям в координатах параметров управления $U_1 \cdot U_2 \cdot U_3$, связанных со смесеобразованием.

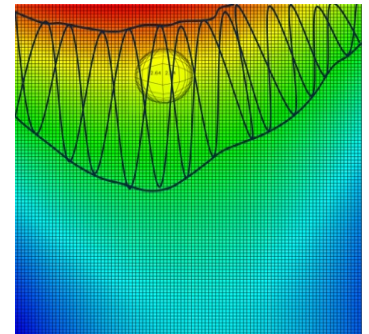
В качестве примера рассмотрим процесс выбора состава бетонной смеси для изготовления конструкции в соответствии с принципом унификации (единообразия технических характеристик) по таким заданным свойствам, как прочность на сжатие (МПа), морозостойкость (циклы), плотность (кг/см²), водонепроницаемость (коэф.) и удобоукладываемость смеси (см). Условно примем, что исходные компоненты надлежащего качества, технологический процесс постоянен, четко отлажена линия производства, и помех на ней не наблюдается. Определение области альтернатив СМ, значения характеристик которых соответствуют нормативным требованиям, осуществим на матрицах-массивах соответствующих характеристик материала с шагом дискретности между ячейками 100·100, построенным в программе «Декон-СМ» [143], описание структуры которой представлено в 3 главе. Матрицы-массивы строятся на основе планирования эксперимента и получения функций отклика для характеристик материала по заданным параметрами управления смесеобразованием U_1, U_2, U_3 . Каждая ячейка матрицы отражает индивидуальное дозирование исходных компонентов и присущие ему параметры характеристик. На рисунке 1 штриховкой показаны области допустимых вариантов смесеобразования, характеристики материала которых соответствуют установленной нормативной единице.



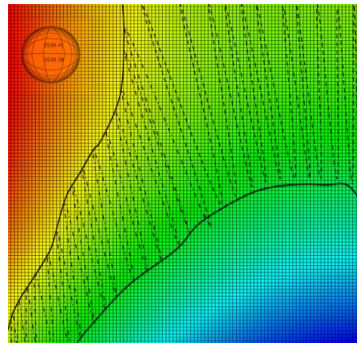
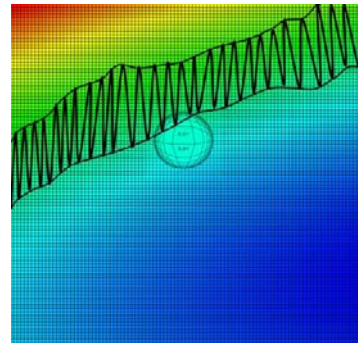
Прочность при сжатии: B25



Морозостойкость: F150



Удобоукладываемость смеси: П1

Плотность: 2400–2500 кг/см²

Водонепроницаемость: W6

Рисунок 1 – Области значений характеристик строительных материалов, соответствующие нормативным требованиям

Далее производится процесс усечения по изопрайсам полного набора альтернатив смесеобразования СМ, представленных ячейками матриц-массивов. Данные изопрайсы включают ячейки с составом исходных компонентов, результатом которых является СМ с удовлетворяющими нормативным требованиям показателями характеристик. После процедуры усечения производится объединение матриц-массивов и на пересечении изопрайс получают ячейки, характеристики СМ которых удовлетворяют области нормативных требований. Процедура получения допустимых к реализации альтернатив СМ в соответствии с принципом унификации представлена на рисунке 2.

В соответствии с принципом унификации естественно предположить, что каждый фактически выпускаемый СМ становится универсальным для всех строительных конструкций одного типа, независимо от их функционального назначения (ФН) и условий эксплуатации (УЭ) в здании. Такой подход позволяет избежать сложного анализа конструктивных схем в объекте недвижимости при обосновании выбора типа строительных материалов для строительных

конструкций, соответствующего конкретным задачам строительства, так как весь полученный материал считается универсальным.

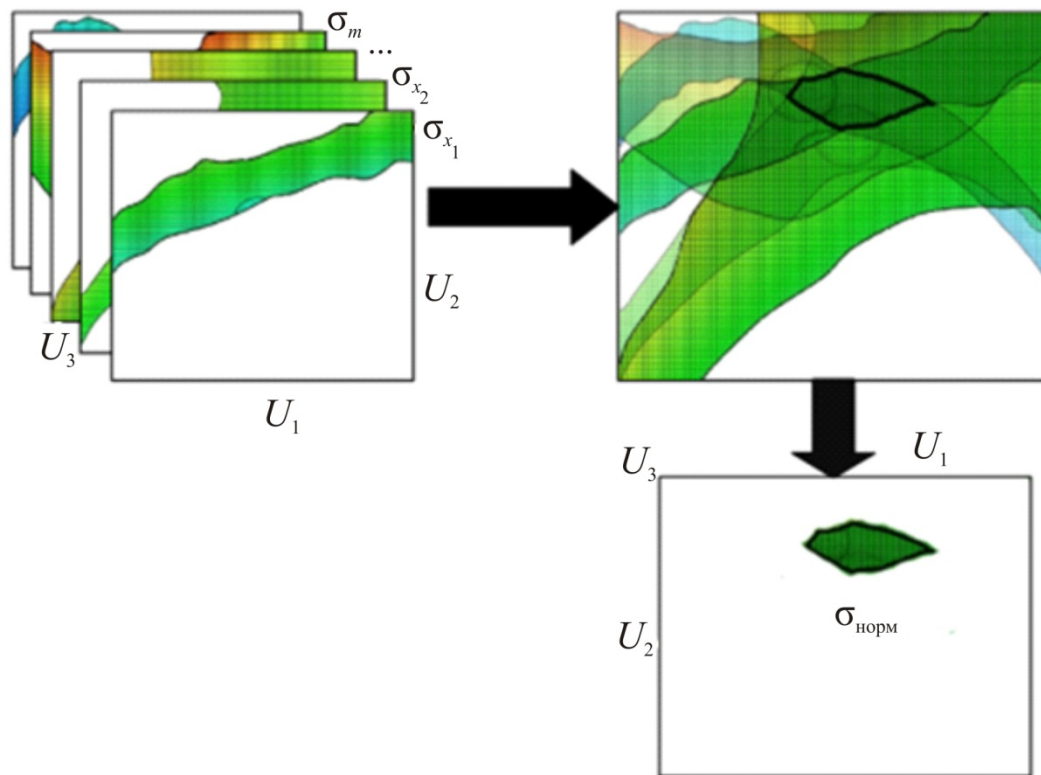


Рисунок 2 – Формирование области соответствия нормативным требованиям по принципу унификации полного набора характеристик строительного материала

Однако следует заметить, что при эксплуатации строительные конструкции воспринимают значительно отличающиеся нагрузки и подвергаются различным эксплуатационным воздействиям [75]. Таким образом, не каждый строительный материал, характеристики которого входят в установленную унифицированную область нормативных требований, является оптимальным по совокупности своих свойств для любой строительной конструкции, так как в некоторых конкретных случаях можно обнаружить избыток или недостаток отдельных качественных параметров СК по сравнению с необходимым. Материалы же с наиболее оптимальными характеристиками для конкретных эксплуатационных условий могут быть не реализованы в производстве ввиду сложности анализа большого количества допустимых альтернатив. Последствия использования СК с неоптимальным набором качественных характеристик приводят к преждевре-

менному снижению эксплуатационных параметров здания или перерасходу сырьевых ресурсов [109].

Актуальность выпуска ассортимента одноименной продукции прежде всего зависит от спроса и возможности ее реализации посредством управления смесеобразованием с оптимальным отношением качество продукта / затраты на изготовление и учета условий эксплуатации и назначения готовых изделий в здании. Данное отношение должно решаться как компромисс предпочтений заинтересованных лиц, в частности потребителя и производителя готовых изделий и учета индивидуальных условий эксплуатации и назначения изделий в конструктиве здания: температурно-влажностного режима, восприятия нагрузок и т.д. Активно развивающееся направление информационного моделирования зданий (*Building Information Modeling – BIM*), включающее сбор и комплексную обработку данных об объекте недвижимости на протяжении всего жизненного цикла, делает актуальным применение строительных конструкций, обладающих различными свойствами на основе учета их условий эксплуатации (УЭ) и функционального назначения (ФН). Такой ассортиментный подход в сочетании с BIM-технологиями позволит управлять состоянием объекта в период его строительства, эксплуатации, в том числе на этапах модернизации (смена УЭ и ФН), реконструкции и сноса (рисунок 3).

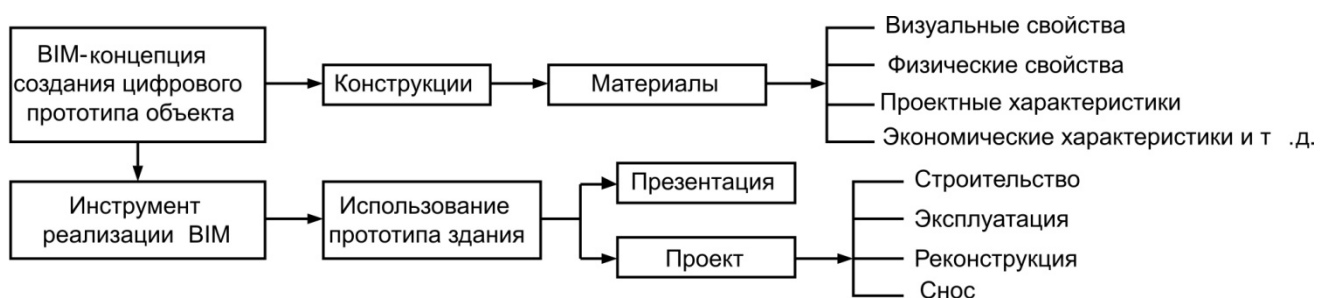


Рисунок 3 – Ассортиментный подход в информационном моделировании зданий

Применение таких конструкций позволит рационально использовать сырье и предотвратить преждевременное разрушение изделий в период эксплуатации. В данной работе под единицей ассортимента строительных конструкций принято понимать достаточно точное соответствие характеристик строительных изделий

заданным условиям их эксплуатации и функциональному назначению. Для реализации ассортимента строительных конструкций из бетона необходимо подробно рассмотреть технологию их изготовления.

1.2. Анализ технологий изготовления строительных материалов и конструкций из тяжелого бетона

Бетонные и железобетонные конструкции применяются в самых различных эксплуатационных условиях. На рынке строительства они представлены обширным ассортиментом: фундаменты, сваи, шпунты, фундаментные балки, балки и фермы покрытий, плиты перекрытий, стеновые панели, вентиляционные блоки и сантехкабины, колонны, ригели, лестничные марши, площадки, балконные плиты, перемычки [10]. Современное производство строительных конструкций из тяжелого бетона осуществляется по различным технологиям и схемам: поточной, включающей агрегатно-поточный, конвейерный и станочный способы, или стендовой, в том числе кассетной [129]. Общие принципы построения организационной структуры технологического процесса сохраняются вне зависимости от выбора того или иного типа технологии [146].

Вся технология производства изделий из бетона делится на несколько этапов, которые в совокупности влияют на качество выпускаемой продукции [11]. Этапы включают в себя прием, складирование и последующую подготовку сырьевых компонентов, подготовку форм (очистка металлической опалубки от остатков оставшегося бетона, смазка поверхности оснастки тонким слоем специального состава, закрепление бортов соединительными элементами), в отдельных случаях армирование (укладка в форму арматурной конструкции, фиксирование закладных деталей и крепление монтажных петель), формование (подача и заполнение формы бетонной смесью при помощи бетоноукладчика или из бункера, распределение смеси, вибрирование до появления цементного молочка), твердение (для ускоренного набора прочности осуществляется пропаривание в камерах ямного типа, щелевых камерах, кассетных установках, автоклавах до отпускной прочности изделия не менее 70 %), распалубливание

(остывшая готовая продукция достается из формы) и складирование (хранение изделий в штабелях с установленными между рядами деревянными прокладками) [129]. Технологическая схема производства бетонных (железобетонных) изделий приведена на рисунке 4.



Рисунок 4 – Схема перделов процесса производства изделий из бетона

На завод (предприятие) сырьевые материалы поступают железнодорожным или автомобильным транспортом. Хранение сырьевых материалов осуществляется открытым или закрытым способом в герметичных силосах, емкостях и бункерах, в складах и штабелях [146]. Для загрузки цемента в силосные банки применяют гравитационный и пневматический способы; загрузка осуществляется при помощи механического, пневматического и аэрационно-пневматического транспорта [131]. Выгрузка заполнителей из транспортных средств осуществляется гравитационным способом, сталкиванием и черпанием при помощи специальных разгрузочных машин, кранов с грейферными ковшами и скреперных установок. Жидкие химические добавки поставляются в герметичной таре и хранятся в специальных складах или емкостях, исключая их замерзание и оснащенных устройствами для промывки трубопроводов и

удаления нерастворимых осадков [115, 133]. Арматурная сталь хранится в закрытых складах по профилям, классам, диаметрам и партиям на стеллажах, в кассетах, бункерах, штабелях со свободными проходами в условиях, исключающих ее коррозию и загрязнение, а также под навесом при условии защиты ее от влаги [133].

Приготовление бетонной смеси производится на специальных бетоносмесительных узлах в бетоносмесительных цехах и бетоносмесительных отделениях в специальных смесителях принудительного или гравитационного действия. Загрузка материалов в работающий смеситель производится в следующей последовательности: крупный заполнитель, песок, цемент, тонкомолотые добавки, вода. После завершения перемешивания материалов вводится раствор химических добавок вместе с водой затворения. Для обеспечения требуемой минимальной температуры смеси в зимнее время осуществляют подогрев воды до 70 °С [133]. Продолжительность перемешивания бетонных смесей в циклических смесителях устанавливается опытным путем и должна быть не менее указанной в ГОСТ 7473-76. В зависимости от удобоукладываемости смеси применяют такие способы перемешивания, как перемешивание при свободном падении материалов в барабанных смесителях, перемешивание в смесителях принудительного действия и виброперемешивание [129, 133, 140].

В обобщенном виде приготовление бетонной смеси осуществляется по схеме, представленной на рисунке 5.

Транспортирование смеси от смесителя к месту укладки производится самоходными раздаточными бункерами, бетонораздатчиками, ленточными конвейерами, бетононасосами, обеспечивающими сохранность ее свойств и исключающими ее расслоение и потери. Время от выгрузки бетонных смесей из смесителя до формирования варьируется в пределах от 15 до 45 мин.

После выгрузки бетонной смеси осуществляется процесс формирования, основная задача которого состоит в получении изделий заданных размеров с фиксированным расположением арматуры и закладных деталей, с максимальной плотностью и равномерной структурой.

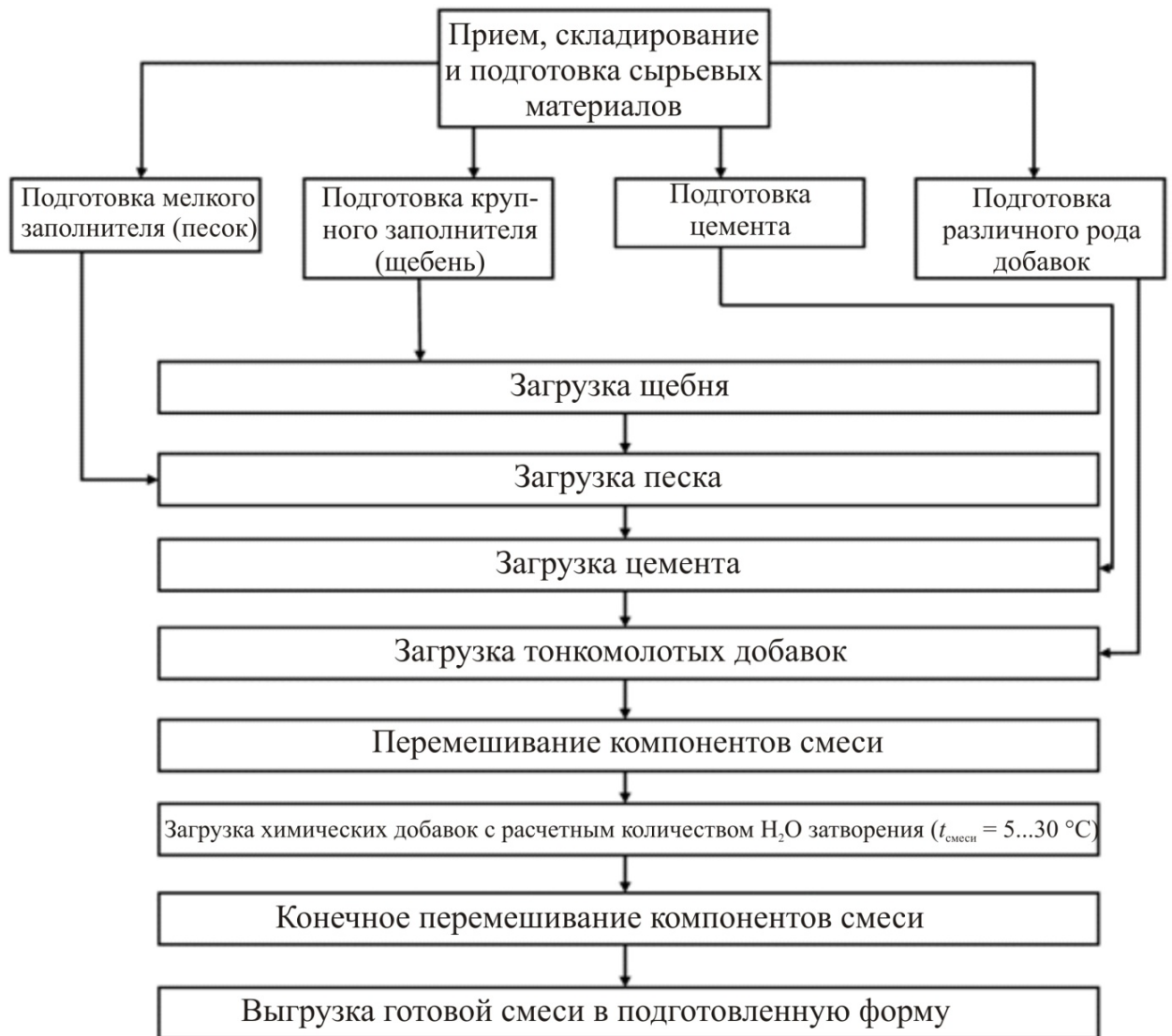


Рисунок 5 – Схема приготовления бетонной смеси

В процессе формования осуществляется укладка и распределение бетонной смеси в форме, ее уплотнение и заглаживание открытой поверхности. Различают три основных способа формования: стендовый, при котором изделия изготавливаются в неподвижных формах, а процесс формования осуществляется на плоских стендах, в кассетах и матрицах; производство изделий в перемещающихся формах, где изделие вместе с формой перемещается на специализированных постах по мере выполнения отдельных операций и методов непрерывного формования, основанных на использовании вибропркатного стана [109]. Как показывает практика, на сегодняшний день, данный метод формования является наиболее производительным.

После формования происходит процесс набора прочности изделием. Для ускорения твердения бетона применяется тепловая обработка изделий, состоящая из четырех периодов: выдержка изделия, подъем температуры, выдержка изделия при максимальной температуре и остывание изделия до температуры окружающей среды. От режима тепловой обработки во многом зависят показатели, характеризующие прочность, пористость, долговечность, морозостойкость [89]. Сегодня наиболее распространенными являются следующие виды тепловой обработки: пропаривание в камерах периодического или непрерывного действия при нормальном атмосферном давлении и температуре 60–100 °С [133]; запаривание в автоклавах при температуре насыщенного водяного пара 175–190°С и давлении 0,9–1,3 Мпа [133]; нагрев в закрытых формах с контактной передачей тепла бетону от различных теплоносителей через ограждающие поверхности форм [133]; электропрогрев бетона; прогрев в электромагнитном поле, а также с использованием солнечной энергии [129, 133]. Далее производятся распалубка изделия, его складирование, а затем осуществляется контроль качества готовой продукции.

1.3. Анализ рецептурно-технологических параметров производства строительных материалов из бетона

Для проектирования состава бетона необходимо качественное обоснование выбора исходных материалов и их соотношений и определение индивидуальных комплексных критериев качества. Обеспечения требуемых свойств бетона можно достичь, задав критерий оптимальности, направленный на расчет и выбор минимальных удельных затрат на производство изделия с учетом его работы в индивидуальных эксплуатационных условиях. Для его определения необходимо технологию производства изделий рассмотреть детально, разделив технологическую цепочку последовательных операций на отдельные этапы, установив зависимости между технологическими параметрами производства и показателями качества готовой продукции [95, 129, 146].

Основные параметры управления изготовлением продукции можно представить схематично (рисунок 6).



Рисунок 6 – Группы параметров управления изготовлением изделий из бетона

Необходимо отметить, что параметров технологического процесса очень много и для каждой выбранной технологии они индивидуальны.

Под входными параметрами понимаются качественные характеристики сырьевых материалов: цемента, крупного и мелкого заполнителя, воды. Задача выбора сырьевых материалов является технико-экономической задачей, определяющей эффективность принятых составов бетонов и достижение ими принятых свойств [89]. Основные технико-экономические показатели сырья представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технико-экономические показатели сырья

№ п/п	Сырьевые компоненты	Технические показатели сырья, ед. изм.	Принятое обозначение
1	Портландцемент	Активность, МПа	$S_{\text{ц}}^{R_{\text{ц}}}$
		Активность при тепловлажностной обработке	$S_{\text{ц}}^{R_{\text{тво}}}$
		Удельная поверхность, м ² /кг	$S_{\text{ц}}^{R_{\text{уд}}}$
		Нормальная плотность	$S_{\text{ц}}^{\text{нг}}$
		Сроки схватывания	$S_{\text{ц}}^{t_{\text{сх}}}$
		Степень дисперсности, мм	$S_{\text{ц}}^{\text{дисп}}$
		Истинная плотность цемента	$S_{\text{ц}}^{\rho}$
		Средняя плотность цемента	$S_{\text{тц}}^{\rho}$

Окончание табл. 1

№ п/п	Сырьевые компоненты	Технические показатели сырья, ед. изм.	Принятое обозначение
2	Песок	Удельная поверхность, м ² /кг	$S_{\text{п}}^{S_{\text{уд}}}$
		Насыпная плотность, кг/м ³	$S_{\text{п}}^{\rho_0}$
		Зерновой состав, модуль крупности	$S_{\text{п}}^{\text{МК}}$
		Содержание SiO ₂	$S_{\text{п}}^{\text{SiO}_2}$
		Истинная плотность песка	$S_{\text{п}}^{\rho}$
		Средняя плотность песка	$S_{\text{ти}}^{\rho}$
3	Щебень	Насыпная плотность	$S_{\text{щ}}^{\rho_0}$
		Истинная плотность щебня	$S_{\text{щ}}^{\rho}$
		Средняя плотность щебня	$S_{\text{тщ}}^{\rho}$
		Пористость	$S_{\text{щ}}^{\rho_0}$
		Удельная поверхность	$S_{\text{щ}}^{S_{\text{уд}}}$
		Пустотность, %	$S_{\text{щ}}^{\text{пуст}}$
		Прочность	$S_{\text{щ}}^R$
		Фракционирование, зерновой состав	$S_{\text{щ}}^{\text{фр}}$
4	Вода	Водородный показатель pH	$S_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{pH}}$
		Наличие органических примесей	$S_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{орг}}$
		Наличие нефтепродуктов, масел, жиров	$S_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{неф}}$
		Содержание растворимых солей	$S_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{сол}}$

Входными параметрами в рамках процесса изготовления строительных материалов управлять невозможно, так как они поступают на производство, имея конкретные качественные показатели. Для производства строительных изделий с заданными эксплуатационными параметрами требуется сырье стабильного качества, соответствующее нормативной документации [39, 42–48, 53, 146]. Поэтому перед включением в производственный процесс вновь поступивших сырьевых материалов необходимо проводить их качественную оценку по стандартным методикам, представленным в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели качества сырья и методики их определения

№ п/п	Показатель	Нормативный документ	Примечания
1	Портландцемент		
	Активность, МПа	ГОСТ 310.4 ГОСТ 30744 ГОСТ 310.3–76 ГОСТ 30744 ГОСТ 310.2–76	
	Активность при тепловлажностной обработке		
	Удельная поверхность, м ² /кг		
	Нормальная густота		
	Сроки схватывания		
Степень дисперсности, мм			
2	Песок		
	Удельная поверхность, м ² /кг	ГОСТ 8735 ГОСТ 26633 ГОСТ 9757	проведение химического анализа
	Насыпная плотность, кг/м ³		
	Зерновой состав, модуль крупности		
Содержание SiO ₂			
3	Щебень		
	Насыпная плотность	ГОСТ 8269–87 ГОСТ 8269.0–97 ГОСТ 8267–93 ГОСТ 26633 ГОСТ 8267 ГОСТ 23732	
	Фракционирование, зерновой состав		
	Пористость		
	Удельная поверхность		
Пустотность			
4	Вода		
	Водородный показатель pH	ГОСТ 23732 ГОСТ 18164 ГОСТ 23732	
	Наличие органических примесей		
	Наличие нефтепродуктов, масел, жиров		
	Содержание растворимых солей		
5	Добавка		
	Добавки	ГОСТ 26633 ГОСТ 24211	

В процессе проведения оценки в большей степени следует уделить внимание качеству природных материалов, в нашем случае песку и щебню. Нестабильность качества данных компонентов может быть обусловлена множеством факторов, например, местом расположения карьера, глубиной залегания и мощностью пласта, содержанием вредных примесей и т.д. В случае неудовлетворения входного материала нормативным требованиям необходимо произвести замену сырьевого компонента на аналогичный, лучшего качества. Качество полученных искусственным способом материалов (портландцемент) обеспечивается на соответствующих технологических линиях по их изготовлению, в частности при

обжиге портландцементного клинкера, поэтому в тщательной оценке не нуждается.

Под параметрами управления изготовлением строительных материалов будем понимать все те параметры, целенаправленное изменение которых приведет к достижению требуемых показателей характеристик готового продукта. К данным параметрам относятся все изменения состояния сырья (помол, нагрев, фракционирование), параметры дозирования (расход компонентов, скорость их дозирования, температура смеси), перемешивание (скорость) и виброперемешивание, тепловлажностная обработка (температурный режим) и т.д [18].

Данными параметрами, представленными в таблице 3, в рамках технологии изготовления изделия мы и будем управлять в целях получения продукции с заданными качественными характеристиками.

Таблица 3 – Параметры управления изготовлением строительных материалов

№ п/п	Параметры управления	Принятое обозначение
1	Расход портландцемента, кг	$u_{\text{ц}}^m$
2	Расход песка, кг	$u_{\text{п}}^m$
3	Расход щебня, кг	$u_{\text{щ}}^m$
4	Расход воды, кг	$u_{\text{вода}}^m$
5	Расход добавки, кг	$u_{\text{д}}^m$
6	Тонкость помола сырьевых компонентов, см ² /г	$u_i^{\text{уд}}$
7	Фракционирование сырьевых компонентов, мм	$u_i^{\text{фр}}$
8	Температура сырьевых материалов, °С	u_i^T
9	Температура бетонной смеси, °С	$u_{\text{бс}}^T$
10	Температура тепловой (теповлажностной) обработки, мин	$u_{\text{тво}}^T$
11	Время тепловой (теповлажностной) обработки, мин	$u_{\text{тво}}^t$
12	Время уплотнения бетонной смеси, мин	$u_{\text{упл}}^t$
12	Время выдержки в нормальных условиях, мин	$u_{\text{ну}}^t$
13	Давление при тепловой (теповлажностной) обработке, МПа	$u_{\text{тво}}^P$

Характеристиками готового продукта являются показатели свойств, численно характеризующие его качество: прочность при сжатии и на растяжение при изгибе, плотность, водонепроницаемость, морозостойкость, теплопровод-

ность и т.д. [51, 54]. В общем случае будем применять обозначение вида $\{\bar{y}\}$ и $\{\bar{x}\}$, из которого следует множество характеристик готового продукта по определенному показателю качества. Параметры готового продукта представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Параметры (множество характеристик) готового продукта

Физические				Механические	Химические	Технологические
Общезыческие	Гидрофизические	Теплофизические	Акустические			
Плотность: истинная, средняя, насыпная	Гигроскопичность	Теплопроводность	Звукопоглощение Звукоизоляция	Предел прочности на растяжение, сжатие и изгиб	Химическая активность Растворимость	Пластичность
	Водопоглощение	Теплоемкость				Вязкость
	Влагоотдача	Термостойкость				Ковкость
Пористость: общая, открытая (капиллярная), замкнутая	Воздухостойкость	Жаростойкость	Вибропоглощение Виброизоляция	Твердость Истираемость Износ Сопротивление удару	Кристаллизация Коррозионная стойкость: кислотостойкость, щелочестойкость, солестойкость	Гвоздимость
	Морозостойкость	Огнеупорность				
	Водонепроницаемость	Огнестойкость				

Основными показателями, определяющими свойства материала и, соответственно, область его применения, при постоянстве производственного процесса являются вид сырья, из которого получают строительный материал, и способ изготовления [60, 65, 129]. В результате анализа технологии изготовления строительных конструкций, а именно переделов технологической линии изготовления продукции из тяжелого бетона, было выявлено, что наиболее привлекательными для выбора параметров управления с точки зрения степени влияния на результат и простоты реализации являются параметры смесеобразования (дозирования и перемешивания исходных компонентов смеси).

1.4. Анализ требований к характеристикам материалов строительных конструкций

Объект недвижимости включает в себя множество различных строительных конструкций. Каждая конструкция здания должна прежде всего соответствовать своему назначению, т.е. обладать необходимыми эксплуатационными качествами, создавая наилучшие условия для быта и труда людей и протекания производственного процесса. Конструкции должны быть прочными, жесткими, устойчивыми, долговечными, удовлетворять санитарно-гигиеническим, противопожарным, экономическим и архитектурным требованиям [13, 55, 67]. Строительные конструкции необходимо проектировать так, чтобы они были надежными при возведении и эксплуатации, включая возможность особых воздействий (наводнение, пожар, взрыв и т.д.), поэтому рассчитывать их следует по методу предельных состояний. Для того чтобы правильно подобрать строительные конструкции для возведения объекта недвижимости, необходимо знать назначение и те агрессивные воздействия внешней среды, в которых будет работать каждая конструкция.

Факторы, оказывающие влияние на работу строительных конструкций в объекте недвижимости, условно можно разделить на атмосферные явления, воздействия на ОН со стороны подземной части здания, техногенные воздействия и влияние технологической среды. Данные факторы представлены на рисунке 7.

Для несущих конструкций наиболее важна оценка по двум предельным состояниям:

– по несущей способности (прочности или устойчивости), при достижении предельного значения которой утрачивается сопротивляемость внешним воздействиям и происходит разрушение;

– по деформациям (прогибу, осадке, смещению и т.п.), превышение предельных величин которых означает, что изделие не может эксплуатироваться в соответствии с предъявляемыми к нему эксплуатационными требованиями, хотя еще сохраняется прочность и устойчивость конструкции.

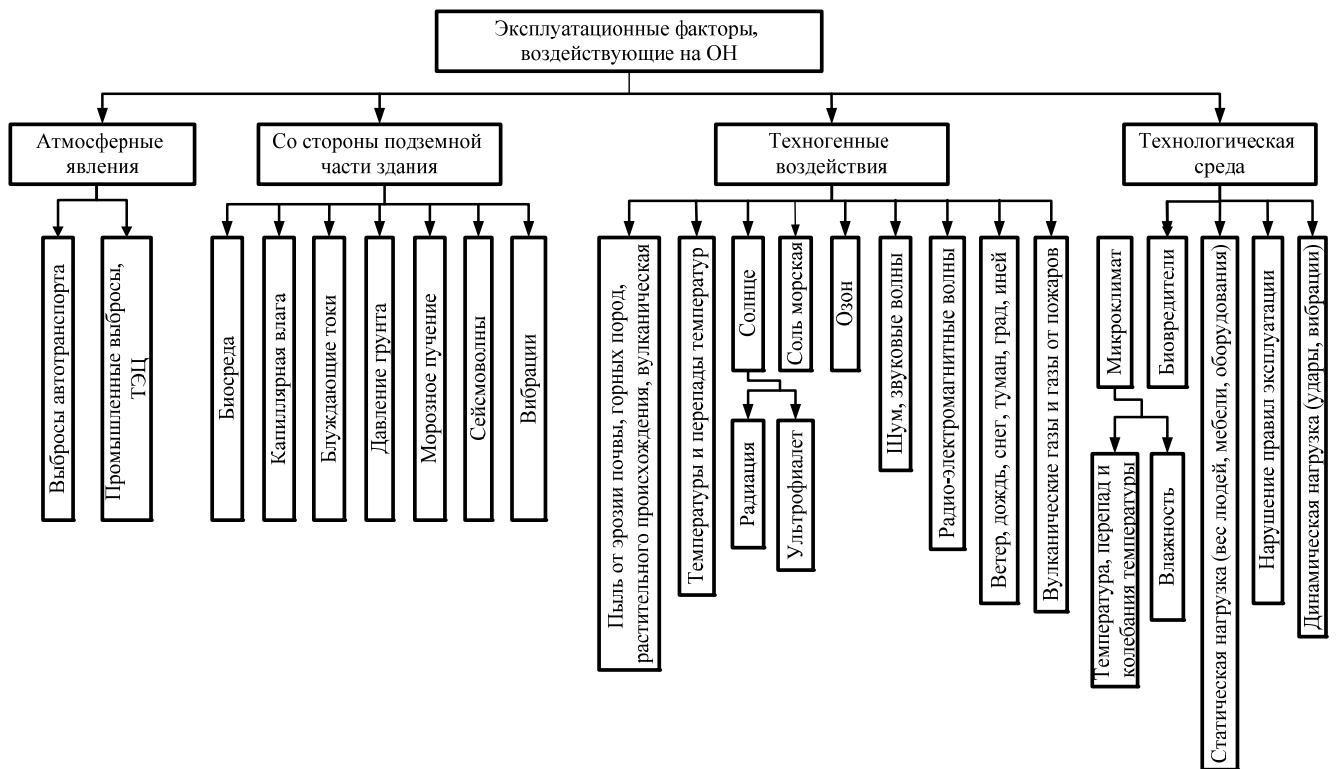


Рисунок 7 – Основные эксплуатационные факторы, воздействующие на строительные конструкции объекта недвижимости

Оценку степени агрессивных воздействий среды на элементы сооружений производят в соответствии с учетом климатических характеристик района строительства в соответствии с таблицами 1, 2, 5а СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменениями № 1, 2) [130], приложением: В СП 131.13330.2012 и вида агрессивной среды.

В период эксплуатации строительные конструкции и элементы зданий и сооружений подвергаются воздействию:

- 1) газообразной среды в виде загрязненной атмосферы окружающего воздуха;
- 2) твердой среды в виде пылей, загрязняющих атмосферу воздуха (взвешенные вещества) и осаждающихся на наружных поверхностях конструкций, грунта и асфальтовых покрытий, солей-антиобледенителей, грунтов, содержащих агрессивные компоненты;
- 3) жидкой среды в виде атмосферных осадков, особенно кислотных дождей, и в виде агрессивных природных или загрязненных поверхностных и грунтовых

вод. Загрязнения поверхностных и грунтовых вод, как правило, обусловлено бытовыми и техническими отходами, нефтепродуктами, утечками канализационных вод и технологических жидкостей.

По сочетанию условий эксплуатации в окружающей среде все элементы строительных конструкций могут быть подразделены на три категории (категории условий эксплуатации), в соответствии с которыми оценивается степень агрессивного воздействия среды.

К первой категории (1) следует относить конструкции и их элементы, которые в процессе эксплуатации защищены от непосредственного попадания атмосферных осадков, но при этом подвержены воздействию наружной температуры и влажности окружающего воздуха и агрессивных газов [76].

Ко второй категории (2) следует относить все конструкции и их элементы, эксплуатирующиеся на открытом воздухе, которые подвержены воздействию атмосферных осадков и агрессивных газов за исключением конструкций и их элементов, отнесенных к третьей категории [76].

К третьей категории (3) следует относить конструкции и их элементы, эксплуатирующиеся на открытом воздухе, подвергающиеся воздействию атмосферных осадков и агрессивных газов и имеющие контакт с твердыми и жидкими агрессивными средами, а также элементы конструкций, на которые непосредственно попадают загрязнения.

Зная эти воздействия и назначение, можно сформулировать требования к строительным материалам, из которых будут изготавливаться строительные конструкции [76].

Объекты недвижимости (жилые, общественные и производственные) состоят из одинаковых по назначению частей: фундамента, каркаса и ограждающих конструкций, изготавливаемых из различных строительных материалов. Строительные материалы по назначению делятся на конструкционные, теплоизоляционные, акустические, гидроизоляционные и кровельные, герметизирующие, отделочные, специального назначения. Назначение строительных материалов определяется во многом их свойствами: физическими, механическими, химическими и технологическими [12].

Рассмотрим основные требования к материалам строительных конструкций в зависимости от их функционального назначения в объекте недвижимости и эксплуатационных воздействий. Основные требования к строительным материалам представлены в таблице 5 [89].

Таблица 5 – Основные требования к строительным материалам, предназначенным для изготовления конструкций

Назначение конструкции в объекте недвижимости	Эксплуатационные факторы	Требования к строительному материалу
Наружные конструкции		
Кровля	Перепады температур и влажности, атмосферные газы, биологическое воздействие, статические и динамические нагрузки	Прочность, плотность, водонепроницаемость, морозостойкость и биохимическая стойкость, небольшая собственная масса
Стены	Разные температура и влажность с наружной и внутренней стороны стены; большие статические и динамические нагрузки, атмосферные влияния	Прочность, плотность, водонепроницаемость, морозостойкость и биохимическая стойкость, небольшая собственная масса, высокие теплоизолирующие свойства, паропроницаемость
Цоколь	Разные температура и влажность с наружной и внутренней стороны стены; большие статические и динамические нагрузки, атмосферные влияния, замораживание и оттаивание в насыщенном водой состоянии	Прочность, водостойкость и морозостойкость
Фундамент	Разные температура и влажность с наружной и внутренней стороны стены; большие статические и динамические нагрузки, замораживание и оттаивание в насыщенном водой состоянии, действие грунтовых вод, нагрузка от вышележащих частей здания	Прочность, водостойкость, коррозионная стойкость, водонепроницаемость, морозостойкость
Внутренние конструкции		
Несущие стены	Статические и динамические нагрузки, звуки и шумы (ударные и воздушные)	Прочность, масса конструкции, звукопроводность
Перегородки	Звуки и шумы (ударные и воздушные)	Звукопроводность, толщина изделия, прочность
Перекрытия		
Чердачные	Нагрузки, смена температур и влажности	Прочность, теплопроводность, водонепроницаемость, морозостойкость

Окончание табл. 5

Назначение конструкции в объекте недвижимости	Эксплуатационные факторы	Требования к строительному материалу
Междуэтажные	Статические и динамические нагрузки, шумы и звуки (ударные и воздушные)	Прочность, звукопроводность, теплопроводность, масса изделия
Полы	Статические и динамические нагрузки; в отдельных случаях воздействие воды и агрессивных сред	Износостойкость, прочность, гигиеничность, в отдельных случаях коррозионная стойкость

Кровля является верхним элементом покрытия здания. Она подвергается атмосферным воздействиям, поэтому ее функцией является защита внутренних помещений от атмосферных осадков и воздействий. Главными требованиями к кровле являются лёгкость, долговечность, экономичность в изготовлении и эксплуатации.

Стена создает внешний периметр здания в виде вертикальной ограждающей конструкции. Также защищает от атмосферных осадков и воздействий.

Цоколь – это подножие здания, зачастую выступающее по отношению к верхним частям сооружения. В ленточных фундаментах цоколем может являться верхняя часть самого фундамента.

Фундамент – часть здания, сооружения, которая воспринимает все нагрузки от вышележащих конструкций и распределяет их по основанию.

Внутренние конструкции (*стены, перегородки*) – воспринимают собственную нагрузку (*перегородки*) или нагрузку от частей здания (*несущие стены*). Основной функцией является разделение помещения на участки.

Основной функцией *перекрытий* является горизонтальная внутренняя защитная конструкция, которая разделяет по высоте смежные помещения в здании или сооружении.

1.5. Концепция управления ассортиментом строительных материалов и конструкций на основе учета условий эксплуатации и функционального назначения

Проектирование ассортиментных единиц СК (АСК) необходимо осуществлять на основе индивидуального учета всех нагрузок и воздействий, воспринимаемых каждой отдельной единицей СК в соответствии с ее функциональным назначением в здании. Определение количества ассортиментных единиц численно равно количеству существенно отличающихся показателей нагрузок и воздействий на конструктивные элементы в здании. Процесс реализации ассортиментного подхода целесообразно представить обобщенной концептуальной схемой решения научной задачи исследования, которая представлена на рисунке 8 и в приложении А.

Разработку концепции такой сложной задачи, как изготовление ассортимента строительных материалов и конструкций, необходимо осуществлять на основе синтеза методов системной инженерии, методов многокритериальной оптимизации и подходов субъектно-ориентированного управления. Концепция управления ассортиментом строительных материалов и конструкций объектов недвижимости представлена рядом существенных положений 1–7 [74].

Положение 1. В основу концепции управления ассортиментом строительных материалов и конструкций целесообразно положить модель описания множества характеристик строительных материалов.

Получение модели описания множества характеристик строительных материалов предлагается осуществлять на основе проведения полного факторного эксперимента с изменением каждого фактора на трех уровнях, позволяющего получать математические модели путем проведения небольшого количества экспериментов [7, 29, 31, 146]. Анализ полученных данных необходимо осуществлять при помощи стандартных методик обработки результатов эксперимента с получением математических моделей (функций отклика), проверку результатов проводить на ПК с применением программного комплекса Statistica.

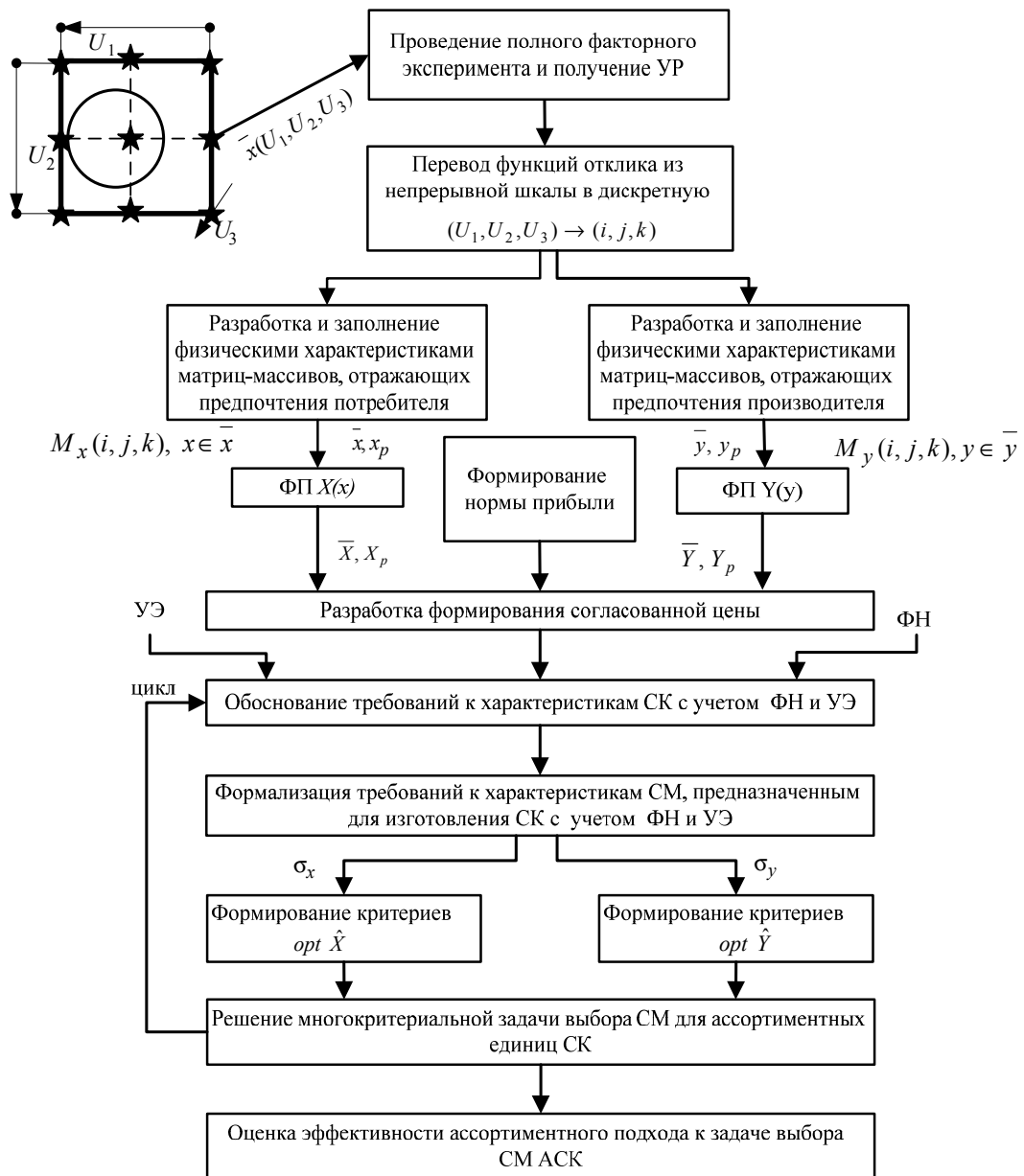


Рисунок 8 – Обобщенная схема концепции управления ассортиментом строительных материалов и конструкций на основе учета условий эксплуатации и функционального назначения

Процедуру выбора состава смеси СМ с оптимальными значениями характеристик предлагается осуществлять на основе учета условий эксплуатации и функционального назначения строительных конструкций и предпочтений заинтересованных лиц. Следует отметить, что заинтересованные лица, в данном случае потребитель и производитель, имеют различное представление о привлекательности конечного продукта и как следствие по-разному интерпретируют привлекательность существенных характеристик материала.

Поэтому в соответствии с предлагаемой концепцией необходима разработка двух отдельных групп матриц-массивов, предназначенных для заполнения характеристиками.

Положение 2. Для описания характеристик множества альтернатив СМ необходимо построить базовые универсальные матрицы-массивы $M_x(i, j)_k$ и $M_y(i, j)_k$ с предварительным определением и установкой для них постоянного шага дискретности $\Delta\bar{x} = \lfloor \bar{x}^{\max} \rfloor \dots \lfloor \bar{x}^{\min} \rfloor$.

Для определения шага дискретности ячеек матриц-массивов необходимо установить дискретные шкалы, в нашем случае i, j, k , для параметров (факторов) управления U_1, U_2, U_3 , что фактически означает переход к шкале УР: $U_1, U_2, U_3 \rightarrow i, j, k$. В заполненных характеристиками матрицах-массивах $M_x(i, j)_k, x \in \bar{x}$ и $M_y(i, j)_k, y \in \bar{y}$ в соответствии с шагом дискретности $\Delta\bar{x}$ каждая альтернатива СМ приобретает соответствующие индивидуальные номера ячеек i, j, k с дискретными значениями параметров характеристик состава смеси. Шаг дискретности первоначально устанавливается для матриц-массивов $M_x(i, j)_k, x \in \bar{x}$, а затем его размерность автоматически переносится на матрицы-массивы $M_y(i, j)_k, y \in \bar{y}$. К процессу установления шага дискретности привлекаются эксперты. Решения в отношении шага дискретности строятся на опыте, позволяющем указывать на оптимальные значения шага дискретности и, с одной стороны, обеспечивать приемлемые размеры матриц-массивов альтернатив, а с другой – достаточную точность.

Допустимый шаг погрешности определяет оптимальный шаг дискретности. Учет погрешности приближенных вычислений будем рассчитывать по следующей формуле:

$$\Delta(x_1 - x_2) = \Delta x_1 + \Delta x_2, \quad (2)$$

где x_1 – значение характеристики первой ячейки; x_2 – значение характеристики последующей ячейки.

Характеристики СМ, представленные в матрицах-массивах, отличаются размерностью (единицами измерения), что является существенным препятствием для комплексного оценивания привлекательности конкретного варианта смесеобразования. Устранить данную сложность возможно посредством приведения характеристик материала к единой универсальной качественной шкале.

Положение 3. В рамках предложенной концепции различие в размерности аргументов предлагается устранить за счет применения механизма СОУ [137]. Данный механизм позволяет перевести значения физических характеристик материала с помощью разработки и построения заинтересованными лицами функций приведения (ФП) к стандартной шкале комплексного оценивания – к интервалу [1, 4], дискретные значения которого интерпретируются следующим образом: 1 – «неудовлетворительно», 2 – «удовлетворительно», 3 – «хорошо», 4 – «отлично» [137].

Выделим матрицы-массивы $M_y(i, j)_k, y_p \in \bar{y}$ и $M_x(i, j)_k, x_p \in \bar{x}$, предназначенные для заполнения значениями цены. В обычной практике необходимые для комплексного оценивания данные, касающиеся цены производимого или потребляемого продукта, труднодоступны [58, 81, 84]. Это связано прежде всего с применением нового, ранее не применяющегося ассортиментного подхода к подбору состава смеси, основанного на учете ФН и УЭ изготавливаемых из них СК.

Положение 4. Для нахождения оптимальной цены для альтернатив СМ, представленных матрицами-массивами потребителя и производителя, целесообразно разработать процедуру формирования согласованной цены на основе механизма субъектно-ориентированного ценообразования. Разработка данного механизма представлена в подразд. 2.2 [138]. Механизм субъектно-ориентированного ценообразования позволяет находить согласованную цену p в случае участия в процессе ценообразования лиц с различными предпочтениями. Результатом применения данного механизма являются комплексные оценки альтернатив, полученные в результате совпадения предпочтений обоих заинтересованных лиц и фазовые ценовые показатели.

Положение 5. Действия по подбору наилучшего состава смеси для изготовления каждой ассортиментной единицы А СК индивидуальны и поэтому представлены в виде цикла.

Ассортиментный подход подразумевает разработку технического задания (ТЗ) на изготовление ассортиментных единиц СК ОН и процедуру его реализации. Разработку ТЗ на изготовление ассортиментных единиц СК необходимо начинать с обоснования требований σ_x и σ_y к строительным конструкциям на основе их ФН и УЭ в ОН. Требования к СК должны строго соответствовать требованиям, предъявляемым к самим зданиям и сооружениям в отношении долговечности, огнестойкости, виброустойчивости и т.д. Для этого проектировщику необходимо произвести расчет каждой СК в ОН с определением необходимых и достаточных свойств, обеспечивающих надежность, безопасную работу под действием внешних нагрузок, прочность, жесткость, устойчивость и т.д. [40, 76].

Для выбора наилучшего СМ для изготовления единицы АСК необходимо осуществить процедуру формализации известных требований σ_x и σ_y к СК на требования к характеристикам материала, предназначенного для ее изготовления. Процесс перевода требований к характеристикам СК в требования к качественным характеристикам материала осуществляют системные инженеры-технологи. Данная процедура является сложной и трудоемкой и требует точности и соответствующей компетентности от всех задействованных участников. Методом многокритериальной оптимизации осуществляется процедура построения критериев оптимальности ($opt \hat{X}, opt \hat{Y}$) в отношении требуемого качества СМ, предназначенного для изготовления ассортиментной единицы СК.

В соответствии с ассортиментным подходом выбор наилучшего варианта СМ необходимо осуществлять на основе решения многокритериальной задачи выбора строительного материала из множества альтернатив, представленных матрицами-массивами – $M_y(i, j)_k, y \in \bar{y}$ и $M_x(i, j)_k, x \in \bar{x}$, по результатам применения процедуры комплексного оценивания привлекательности каждой альтернативы для потребителя и производителя.

Положение 6. Задача выбора наилучшего СМ с характеристиками максимально удовлетворяющими ФН и УЭ СК ОН, сводится к построению автоматизированной процедуры поиска наилучшего решения на построенном множестве альтернатив по заданным критериям оптимальности характеристик СМ [76].

В основе данной процедуры лежит разработка алгоритма, позволяющего осуществлять поиск наилучших альтернатив СМ из представленного множества $M_x(i, j)_k, x \in \bar{x}$ на основе формализованных требований к их характеристикам в соответствии с критериями оптимальности $opt \hat{X}$ потребителя. Если в результате процедуры оптимизации получено несколько альтернатив СМ, то по известным критериям оптимальности производителя $opt \hat{Y}$ в матрицах-массивах $M_y(i, j)_k, y \in \bar{y}$ определяется наиболее привлекательный состав смеси, имеющий максимальную комплексную оценку.

Положение 7. На завершающем этапе выбора СМ для изготовления ассортимента строительных конструкций необходимо провести оценку эффективности ассортиментного подхода к задаче выбора СМ АСК.

Данная оценка позволит осуществить самопроверку, удостовериться в том, что подобранные СМ имеют максимальные КО и наиболее полно удовлетворят требованиям, предъявляемым к СК по ФН и УЭ в ОН.

Задачи выбора наиболее предпочтительных вариантов на множестве альтернатив возникают и требуют достаточного обоснования на каждом этапе. Необходимым условием постановки задач данного класса есть установленные пары: субъект управления (актор) – объект управления (без субъекта нет объекта). Отсюда следует утверждение о том, что задачи выбора всегда субъектно-ориентированны и нуждаются в достаточной обоснованности принимаемого решения субъектом выбора как главным действующим лицом [96]. Сформулированное утверждение немедленно выдвигает проблему нейтрализации негативного атрибута субъективного фактора и его постоянного спутника, определяемого как потенциальная готовность субъекта к манипулированию

результатами выбора под влиянием внешних интересов, игнорируя собственные предпочтения.

1.6. Обоснование необходимости разработки автоматизированной системы решения линейных задач ранжирования / выбора характеристик строительных материалов

Любая деятельность человека, например выбор строительных конструкций, упирается в необходимость решения задач ранжирования / выбора [73]. Понятия ранжирование / выбор тесно связаны между собой. В этом сложном, составном понятии (ранжирование / выбор) процесс выбора является завершающей фазой, итогом которой является предпочтительное подмножество альтернатив. Однако задача выбора может быть решена корректно только после окончания процедуры ранжирования представляемого множества альтернатив. Процедура установления строгого порядка на множестве альтернатив представлена на рисунке 9 и выражением

$$x_1^1 \succ x_2^1 \succ x_3^1 \succ x_4^1. \quad (3)$$

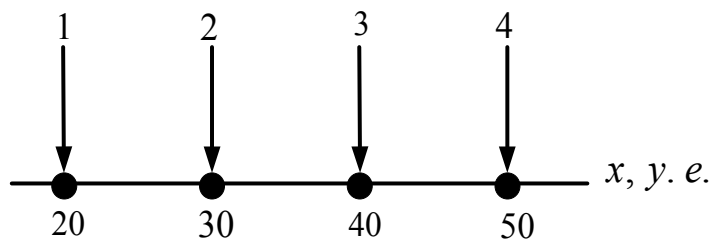


Рисунок 9 – Установление строгого порядка на множестве альтернатив (ранжирование)

Отношение нестрогого порядка $x_1^1 \succ x_2^1 = x_3^1 \succ x_4^1$ между альтернативами предполагает неразличимость субъектом выбора отдельных альтернатив $x_2^1 = x_3^1$ друг от друга. При постановке задачи выбора это тождество делает невозможным обоснованное решение задачи выбора между тождественными альтернативами x_2^1, x_3^1 , и осознанный выбор заменяется случайным назначением лучшего варианта. Отсюда можно сделать вывод, что нарушение отношения строгого

порядка между альтернативами делает невозможным обоснование выбора, превращая его в игру случая или объект манипулирования. Подобные нежелательные ситуации возникают, когда при решении данного класса задач используется интуиция человека в рамках ее природных возможностей, что наглядно продемонстрировано на рисунке 10, а, а сложность задачи ранжирования / выбора достаточно велика по показателям мощности множества альтернатив и многофакторности каждого элемента из этого множества.

Можно выдвинуть гипотезу, подлежащую экспериментальному подтверждению, о том, что преодоление проблемы обеспечения отношения строгого порядка для сложных задач ранжирования / выбора возможно на основе автоматизации ментальной деятельности субъекта выбора посредством декомпозиции проявления исходной интуиции на множестве представленных альтернатив на совокупность частных, более простых, задач. В этом случае интуиция человека раскрывается в полной мере, снижая риск проявления отношения нестрогого. Процесс автоматизации, таким образом, становится процессом моделирования поведения человека в задачах ранжирования / выбора, который целесообразно осуществлять на полном множестве представления альтернатив. Такое предложение реализуется постановкой обобщенной задачи выбора на виртуальном, достаточно широком множестве альтернатив. Тогда полученный программный продукт становится полезным средством решения задач ранжирования / выбора на любом представляемом подмножестве альтернатив без непосредственного участия субъекта выбора. Отстранение субъекта выбора от участия в выборе придает последнему свойство неманипулируемости [77] (рисунок 10, б), чрезвычайно важному для прикладных задач.

Более подробно рассмотрим процедуру установления отношения строгого порядка на примере поэтапного увеличения числа альтернатив при фиксированном числе существенных характеристик.

К процессу установления отношения строгого порядка привлечем респондентов, предложив им первоначально осуществить процедуру ранжирования альтернатив интуитивно, а затем при помощи построения модели

предпочтений в программном продукте «Джобс-Декон», подробное описание которой представлено в 3-й главе [124].

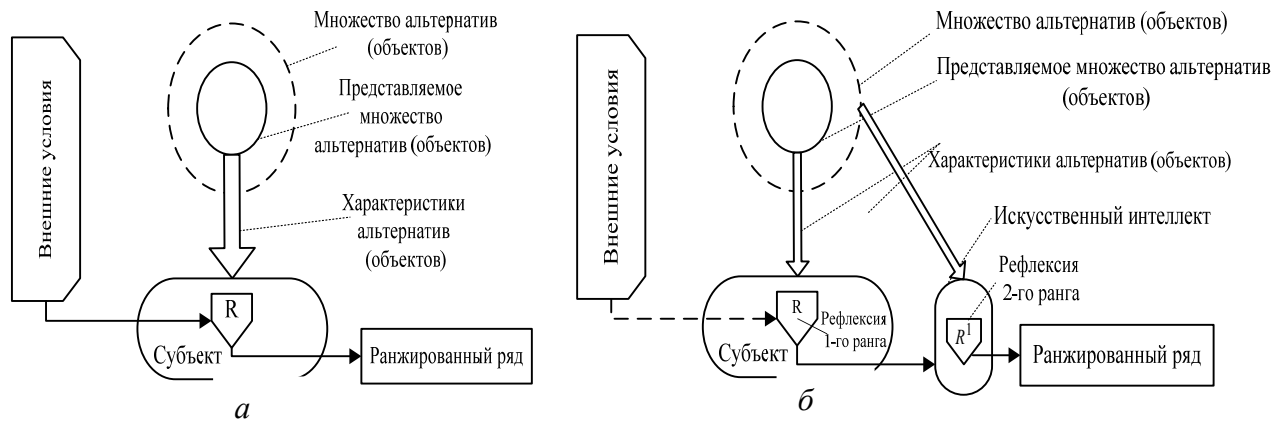


Рисунок 10 – Сложившаяся (а) и неманипулируемая (б) система решения задач выбора на представленном множестве альтернатив

Осуществим процедуру ранжирования строительного материала для изготовления плиты перекрытия. Десяти респондентам предложено проранжировать множество имеющихся групп альтернатив, состоящих из 3, 5 и 8 единиц. Известно, что все качественные показатели альтернатив строительных материалов входят в допустимую к реализации область нормативных требований, предъявляемую к характеристикам готовых изделий (прочность, плотность, морозостойкость и т.д.), предназначенных для строительства объекта недвижимости. Респондента интересует только цена приобретения. В таблице 6 представлены три множества альтернатив строительных материалов из бетона и соответствующая цена, каждой альтернативы из представленных множеств.

Таблица 6 – Множество альтернатив m строительных материалов из бетона

Количество альтернатив $ m $	Вариант теста
	Альтернативы, x_p тыс. руб.
$ m_1 = 3$	$x_{p_1} = 4800, x_{p_2} = 5400, x_{p_3} = 5700$
$ m_2 = 5$	$x_{p_1} = 4600, x_{p_2} = 5000, x_{p_3} = 5200, x_{p_4} = 5500, x_{p_5} = 5600$
$ m_3 = 8$	$x_{p_1} = 4600, x_{p_2} = 4800, x_{p_3} = 4900, x_{p_4} = 5100,$ $x_{p_5} = 5300, x_{p_6} = 5700, x_{p_7} = 5900, x_{p_8} = 6100$

На первом шаге ранжирование осуществляется респондентом интуитивно. По отношению к цене предполагаются различные стратегии выбора [2], в соответствии с которыми заинтересованные лица осуществляют процедуру ранжирования.

Экономичное поведение. Респондента интересует только цена «подешевле», он интуитивно определяет пороговую цену за продукцию из полного множества представления альтернатив и производит ранжирование материала по наименьшей цене.

Исходное множество m_1 примет ранжированный вид для респондента с экономичным поведением для трех альтернатив: $m_{1p.э} = \{x_{p_1} \succ x_{p_2} \succ x_{p_3}\}$. Распространив данную методику на представленные множества альтернатив $|m_2|$ и $|m_3|$ получим следующие отношения:

$$m_{2p.э} = \{x_{p_1} \succ x_{p_2} \succ x_{p_3} \succ x_{p_4} \succ x_{p_5}\},$$

$$m_{3p.э} = \{x_{p_1} \succ x_{p_2} \succ x_{p_3} \succ x_{p_4} \succ x_{p_5} \succ x_{p_6} \succ x_{p_7} \succ x_{p_8}\}.$$

Доверительное поведение. В данном случае респонденты полностью полагаются на цену, руководствуясь предположением: чем выше цена, тем выше качественные характеристики материала. Он производит ранжирование, выставляя на первое место самый дорогой материал, при этом подразумевая некий запас качественных показателей продукции:

$$m_{1p.д} = \{x_{p_3} \succ x_{p_2} \succ x_{p_1}\},$$

$$m_{2p.э} = \{x_{p_5} \succ x_{p_4} \succ x_{p_3} \succ x_{p_2} \succ x_{p_1}\},$$

$$m_{3p.э} = \{x_{p_8} \succ x_{p_7} \succ x_{p_6} \succ x_{p_5} \succ x_{p_4} \succ x_{p_3} \succ x_{p_2} \succ x_{p_1}\}.$$

Рациональное поведение. В данном случае респонденты придерживаются правила «золотой середины» в ценовой категории материала. По их мнению, материалы со средней ценой за единицу продукции являются наиболее оптимальными относительно качества и цены. Для множества $|m_1|$ золотой

серединой является среднеарифметическое число $x_{p_{\text{средняя}}} = \frac{4600 + 5200 + 5700}{3} = 5300$. Тогда исходное множество примет ранжированный вид, где наиболее предпочтительные варианты характеризуются близостью к «золотой середине»:

$$m_{1p.p} = \{ x_{p_2} \succ x_{p_3} \succ x_{p_1} \}.$$

Применительно к множеству альтернатив $|m_2|$ получим среднее арифметическое число $x_{p_{\text{средняя}}} = \frac{4800 + 5000 + 5200 + 5500 + 5600}{5} = 5220$, а для множества $|m_3|$ –

$$x_{p_{\text{средняя}}} = \frac{4600 + 4800 + 4900 + 5100 + 5300 + 5700 + 5900 + 6100}{8} = 5300.$$

Соответственно ранжированные ряды данных множеств альтернатив примут вид

$$m_{2p.p} = \{ x_{p_3} \succ x_{p_2} \succ x_{p_4} \succ x_{p_5} \succ x_{p_1} \},$$

$$m_{3p.p} = \{ x_{p_5} \succ x_{p_4} \succ x_{p_3} = x_{p_6} \succ x_{p_2} \succ x_{p_7} \succ x_{p_1} \succ x_{p_8} \}.$$

Далее, предложим респондентам воспользоваться программным продуктом «Джобс-Декон» и осуществить процедуру ранжирования альтернатив строительных материалов на основе построения модели предпочтений, базирующейся на функциях приведения [7]. Функции приведения позволяют физические значения выбранной характеристики материала перевести в квалитметрическое пространство, в котором возможна процедура комплексного оценивания альтернатив.

Каждому из респондентов предложено построить свою функцию приведения.

В таблице 7 представлены основные квалитметрические значения параметров характеристик материала, дискретные значения которых интерпретируются следующим образом: 1 – «неудовлетворительно», 2 – «удовлетворительно», 3 – «хорошо» и 4 – «отлично» [СОУ].

Таблица 7 – Значения параметров характеристик материала из бетона, необходимых для построения функций приведения

Тип поведения	Квалиметрические значения параметров характеристик			
	1	2	3	4
Экономичный	6500	5790	5115	4500
Доверительный	4500	5208	5900	4500
Рациональный	4500	4868	5053	5321
	6500	6160	5957	5600
Промежуточный	4500	4863	5080	5375
	6500	6050	5800	5607

Для построения универсальной функции приведения были приглашены пять экспертов, специалистов в области производства и эксплуатации изделий и конструкций из бетона. На основе построенных экспертами функций приведения строится средняя универсальная ФП, представленная на рисунке 11.

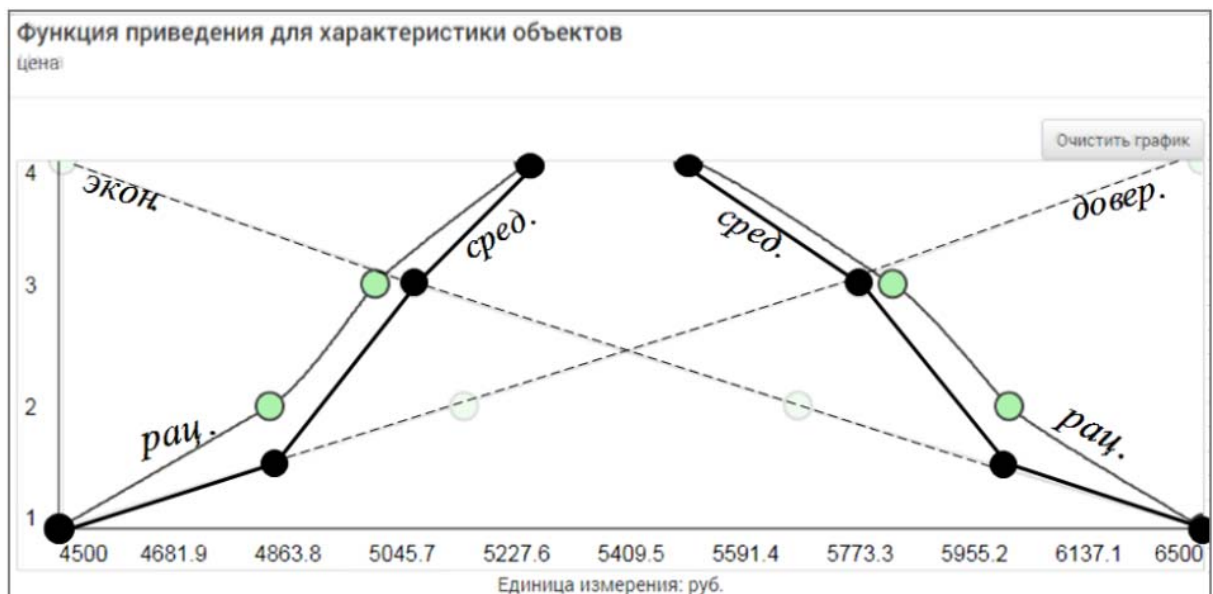


Рисунок 11 – Построение универсальной функции приведения для характеристики «цена»

После этого сравниваются результаты ранжирования, полученные интуитивно каждым типом респондентов, с результатами, полученными на основе процедуры усреднения модели предпочтений экспертов (ФП). Результаты ранжирования альтернатив респондентами и вычисление среднего показателя представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Результаты ранжирования альтернатив респондентами и вычисление среднего показателя

Тип поведения	Результаты ранжирования
Множество альтернатив $ m_1 $	
Экономичное поведение	$m_{1p.э} = \{x_{p1} \succ x_{p2} \succ x_{p3}\}$
Доверительное поведение	$m_{1p.д} = \{x_{p3} \succ x_{p2} \succ x_{p1}\}$
Рациональное поведение	$m_{1p.p} = \{x_{p2} \succ x_{p3} \succ x_{p1}\}$
Средний показатель	$m_{1p.э} = \{x_{p2} \succ x_{p3} \succ x_{p1}\}$
Множество альтернатив $ m_2 $	
Экономичное поведение	$m_{2p.э} = \{x_{p1} \succ x_{p2} \succ x_{p3} \succ x_{p4} \succ x_{p5}\}$
Доверительное поведение	$m_{2p.д} = \{x_{p5} \succ x_{p4} \succ x_{p3} \succ x_{p2} \succ x_{p1}\}$
Рациональное поведение	$m_{2p.p} = \{x_{p3} \succ x_{p2} \succ x_{p4} \succ x_{p5} \succ x_{p1}\}$
Средний показатель	$m_{2p.э} = \{x_{p3} \succ x_{p2} \succ x_{p5} \succ x_{p1} \succ x_{p4}\}$
Множество альтернатив $ m_3 $	
Экономичное поведение	$m_{3p.э} = \{x_{p1} \succ x_{p2} \succ x_{p3} \succ x_{p4} \succ x_{p5} \succ x_{p6} \succ x_{p7} \succ x_{p8}\}$
Доверительное поведение	$m_{3p.д} = \{x_{p8} \succ x_{p7} \succ x_{p6} \succ x_{p5} \succ x_{p4} \succ x_{p3} \succ x_{p2} \succ x_{p1}\}$
Рациональное поведение	$m_{3p.p} = \{x_{p5} \succ x_{p4} \succ x_{p3} = x_{p6} \succ x_{p2} \succ x_{p7} \succ x_{p1} \succ x_{p8}\}$
Средний показатель	$m_{3p.э} = \{x_{p7} \succ x_{p4} \succ x_{p6} \succ x_{p2} \succ x_{p1} \succ x_{p5} \succ x_{p8} \succ x_{p3}\}$

Процедура сравнения осуществляется при помощи определения коэффициента эффективности ранжирования для каждого ранжированного ряда, построенного респондентами. Коэффициент эффективности ранжирования рассчитывается по формуле

$$K_{эфф} = \frac{\left| \left\{ \hat{X} \right\} \right|_{стр}}{\left| \left\{ X \right\} \right|}, \quad (4)$$

где $\left| \left\{ \hat{X} \right\} \right|_{стр}$ – количество альтернатив с отношением строгого порядка; $\left| \left\{ X \right\} \right|$ – исходное количество альтернатив.

На рисунке 12 представлено сравнение результатов ранжирования трех, пяти и восьми альтернатив интуитивным (а) и автоматизированным (б) способами.

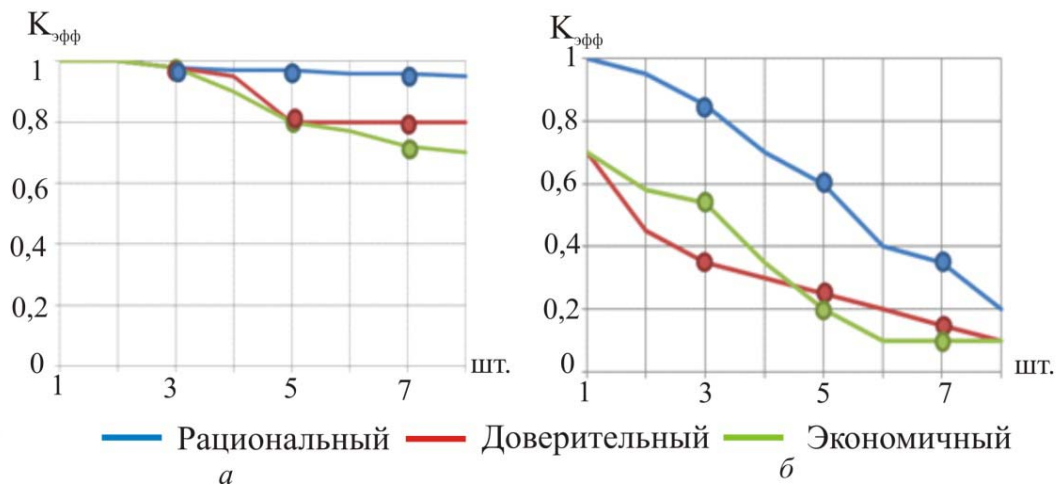


Рисунок 12 – Сравнение результатов ранжирования трех, пяти и восьми альтернатив интуитивным (а) и автоматизированным (б) способами

После сравнения результатов, полученных интуитивно и при помощи усредненной модели предпочтений экспертов (ФП), мы пришли к выводу, что с ростом числа альтернатив человеку становится сложно установить строгий порядок между ними. Программный продукт «Джобс-Декон» позволяет снизить уровень неопределенности между отдельными альтернативами и повысить процент установления отношения строгого порядка. Также программный продукт «Джобс-Декон» позволяет сократить путь между интуитивным пониманием задачи ранжирования и выбора и представлением ее решения в информационной среде за счет отказа от вербального описания работы интуиции в данном классе задач [69].

ВЫВОДЫ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ

1. Выполнен анализ современных подходов к выбору строительных материалов для изготовления СК, в результате которого установлено, что данные подходы основаны на принципе унификации. Показатели качества готового изделия определяются параметрами технических характеристик, которые в рамках одной нормативной единицы (класса, марки и т.д.) имеют широкий диапазон допустимых значений. Активно развивающееся направление информационного моделирования зданий (*Building Information Modeling – BIM*)), включающего сбор и комплексную обработку данных об объекте недвижимости на протяжении всего жизненного цикла, делает актуальным применение строительных конструкций, обладающих различными свойствами на основе учета их условий эксплуатации и

функционального назначения. Применение ассортиментного подхода в сочетании с *VIM-технологиями* позволит обеспечивать высокую степень соответствия свойств готовой продукции из тяжелого бетона условиям эксплуатации и функциональному назначению в здании.

2. Для реализации обоснованного ассортимента строительных материалов и конструкций из тяжелого бетона проведен анализ технологии их изготовления, который показал, что наиболее привлекательными для выбора параметров управления с точки зрения степени влияния на результат производства и простоты реализации являются параметры смесеобразования (дозирования и перемешивания исходных компонентов смеси).

3. Были систематизированы факторы, оказывающие влияние на работу строительных конструкций в объекте недвижимости и определены требования к материалам для изготовления строительных конструкций в зависимости от их функционального назначения и эксплуатационных воздействий.

4. Предложен процесс реализации ассортиментного подхода на основе синтеза методов системной инженерии, методов многокритериальной оптимизации и подходов субъектно-ориентированного управления в виде обобщенной концептуальной схемы решения научной задачи исследования, представленной концепцией управления ассортиментом строительных материалов и конструкций.

5. Доказано, что продукция из бетона обладает широким спектром свойств, что делает задачу разработки ассортимента строительных конструкций (АСК) многофакторной. Необходимые показатели свойств конструкций могут быть достигнуты за счет применения различных вариантов технологий, что характеризует эту задачу как многоальтернативную. Человек не способен интуитивно решать сложные задачи выбора по параметрам многоальтернативности и многофакторности ввиду его природных ограничений и нуждается в разработке специальных инструментальных средств, без использования которых обоснованный выбор подменяется случайным. Тем самым подтверждается необходимость разработки автоматизированной системы субъектно-ориентированного решения линейных задач ранжирования / выбора.

2. РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОПИСАНИЯ МНОЖЕСТВА АЛЬТЕРНАТИВ МАТЕРИАЛОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Процесс изготовления изделий из бетона является сложным и состоит из множества операций [11]. Его состояние зависит от влияния различных факторов на технологию производства [129]. Поэтому целесообразно систематизировать знания о влиянии данных факторов на результаты производства и интегрировать их в общую математическую модель для управления качественными параметрами выпуска ассортимента бетонных изделий. Следует учесть, что ассортиментный подход является новым подходом к решению задачи выбора строительных материалов для изготовления строительных конструкций и строится на основе учета ФН и УЭ СК в ОН и предпочтений двух заинтересованных лиц: потребителя и производителя [75]. В целях достижения компромисса между данными участниками выбора ассортиментных единиц строительных конструкций в отношении цены и качества необходима разработка механизма субъектно-ориентированного ценообразования с целью уменьшения риска назначения необоснованных цен на продукцию за счет исключения предпочтений заинтересованных лиц [138].

2.1. Разработка моделей, описывающих зависимости экспериментальных характеристик продукции от параметров смесеобразования

Для разработки модели описания множества характеристик альтернатив строительных материалов необходимо выявить различного рода связи между входными координатами, управляющими воздействиями и конечным результатом (качеством готового продукта) [146]. Однако данный процесс трудоемок ввиду нехватки информации о текущем состоянии процесса изготовления бетонных изделий (отсутствует возможность измерения некоторых параметров полуфабриката на промежуточных стадиях процесса) и ее разнородности. В то же время моделирование многостадийного процесса, осложненного рядом взаимовлияющих координат процесса, может существенно облегчиться, если рассматривать его как совокупность простых звеньев, каждое из которых

характеризует элементарное влияние различных координат на качество готового продукта [125]. В таком случае вектор входных координат на отдельной стадии будет формировать вектор показателей промежуточного качества, который, в свою очередь, будет являться набором входных координат для следующей стадии [143]. При такой интерпретации задачи моделирования необходимо определить наиболее значимые управляющие факторы, что позволит уменьшить сложность расчетов [146].

При построении модели описания технических характеристик альтернатив строительных материалов рационально ввести систему допущений, которая позволит достичь компромисс между требуемой точностью и адекватностью математической модели и возможностью ее математического описания [104, 105]. В данном случае выделим три основные стадии технологии изготовления изделия: дозирование и перемешивание исходных компонентов (смесеобразование), укладка смеси и ее формование по виброударной технологии и тепловлажностная обработка изделия [129]. Также условно примем:

- 1) выбранные факторы изменяются в определенных пределах;
- 2) качество сырьевых компонентов остается постоянным на всех этапах производства изделий;
- 3) производственный процесс считается стационарным;
- 4) внешние помехи отсутствуют, технологическая линия отлажена, на производственный процесс не оказывается никакое манипуляционное воздействие.

С целью уменьшения размерности и сложности модели описания характеристик множества альтернатив строительных материалов предлагается выбрать наиболее значимые факторы изменения качества готового продукта. На основе анализа технологии изготовления изделий из тяжелого бетона (ГОСТ 26633-2012 и др.) можно сделать вывод, что при условии постоянства таких стадий, как укладка смеси, ее формование и тепловлажностная обработка изделия, получение множества альтернатив строительных материалов целесообразно реализовывать за счет управления процессом дозирования компонентов.

Для выбора основных факторов, оказывающих влияние на качественные характеристики материала, рассмотрим в общем виде основные компоненты смеси и показатели, которые следует учитывать при их выборе. Основные компоненты смеси и показатели, имеющие широкий диапазон значений, представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Основные компоненты смеси и показатели, которые следует учитывать при их выборе

№ п/п	Характеристика материала	Компоненты, их показатели	Соотношение компонентов
1	Плотность	Активность цемента, содержание цемента, соотношение цемента и воды	Водоцементное отношение
2	Прочность	Активность цемента, содержание цемента, соотношение цемента и воды, тип и качество заполнителей, зерновой состав заполнителей, характеристики отверждения, параметры уплотнения	Водоцементное отношение, соотношение мелкого и крупного заполнителя
3	Морозостойкость	Тип и качество заполнителей, зерновой состав заполнителя, активность цемента, характер пористости, минеральный и вещественный состав цементов	Водоцементное отношение, противоморозные добавки
4	Теплопроводность	Активность цемента, содержание цемента, соотношение цемента и воды	Водоцементное отношение
5	Водонепроницаемость	Количество цемента, вода, тип и качество заполнителей, зерновой состав	Водоцементное отношение
6	Удобоукладываемость смеси	Количество цемента и его водопотребность (нормальная густота), вода, тип и качество наполнителей, зерновой состав наполнителя, вид и количество добавок	Водоцементное отношение, соотношение мелкого и крупного, добавки

Таким образом, можно сделать вывод, что основными факторами изменения качества готового продукта при смесеобразовании являются: водоцементное соотношение, соотношение мелкого и крупного заполнителя и различного рода добавки.

*2.1.1. Построение уравнений регрессии,
описывающих характеристики готовой продукции из бетона*

Процесс дозирования подразумевает отмеривание исходных компонентов смеси в соответствии с выбранной рецептурой с определенной точностью [106]. Как отмечалось ранее, в состав смеси для изготовления бетонных изделий входят портландцемент, щебень, кремнеземистый компонент (песок), добавки и вода.

Объем плотно уложенного бетона без учета пустот складывается из объема зерен мелкого и крупного заполнителей и объема цементного теста, заполняющего пустоты между зернами заполнителей [10]. Уравнение, выражающее это положение, называется уравнением абсолютных объемов, и имеет следующий вид:

$$\frac{Ц}{\rho_{ц}} + \frac{В}{\rho_{в}} + \frac{П}{\rho_{п}} + \frac{Щ}{\rho_{щ}} = 1000, \quad (5)$$

где Ц, В, П, Щ – расход компонентов, а $\rho_{ц}$, $\rho_{в}$, $\rho_{п}$, $\rho_{щ}$ – плотности этих материалов.

В качестве примера рассмотрим процесс расчета состава тяжелого бетона для изготовления плиты перекрытия. Основные исходные данные представлены следующими компонентами и их характеристиками, отраженными в таблице 10.

Таблица 10 – Исходные данные для проектирования состава бетона

Компоненты состава смеси	Характеристики компонентов состава смеси
Класс бетона	В 30
Марка цемента	400
Фракция крупного заполнителя	5–20 мм
Осадка конуса	3 см
Истинная плотность песка	$\rho_n = 2,6 \text{ т/м}^3$
Средняя плотность песка	$\rho_{mn} = 1,62 \text{ т/м}^3$
Содержание пыли	2,6 %
Водопотребность песка	$W = 3,51 \%$
Истинная плотность щебня	$\rho_{щ} = 2,72 \text{ т/м}^3$
Средняя плотность щебня	$\rho_{тщ} = 1,47 \text{ т/м}^3$
Содержание пыли	0,44 %
Водопотребность щебня	$W = 3,32 \%$
Истинная плотность цемента	$\rho_{ц} = 3,05 \text{ т/м}^3$
Средняя плотность цемента	$\rho_{тц} = 1,47 \text{ т/м}^3$
Объем пустот	44,2
Средняя плотность добавки ПФМ-НЛК	1,056

1. Определим водоцементное отношение (B/C) в зависимости от требуемой прочности, срока и условий твердения бетона, по формуле

$$\frac{B}{C} = \frac{A \cdot R_c}{R_b + 0,5A \cdot R_c} = \frac{0,6 \cdot 400}{300 + 0,5 \cdot 0,6 \cdot 400} = 0,57, \quad (6)$$

где A и $0,5$ – эмпирические коэффициенты, учитывающие влияние факторов на прочность бетона; R_b – прочность бетона в возрасте 28 сут; R_c – активность цемента.

2. Определим расход воды в зависимости от требуемой подвижности бетонной смеси по рисунку 13: $H_2O = 178 \text{ л/м}^3$.

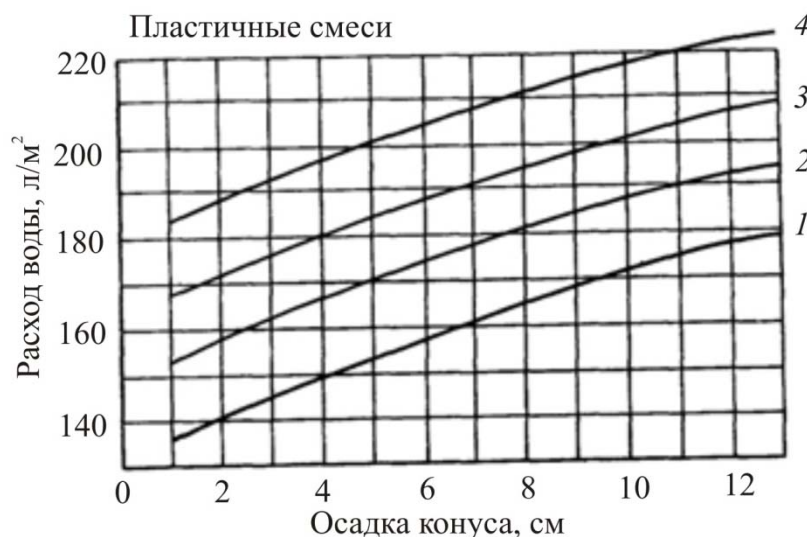


Рисунок 13 – Определение подвижности смеси

3. Определим расход цемента по формуле

$$C = \frac{B}{B/C} = \frac{178}{0,57} = 312 \text{ кг/м}^3, \quad (7)$$

4. Определим расход щебня по формуле

$$Щ = \frac{1000}{\frac{\Pi_{щ} \cdot \alpha}{\rho_{тщ}} + \frac{1}{\rho_{щ}}} = 1,250 \text{ кг/м}^3, \quad (8)$$

где $\Pi_{щ}$ – пустотность щебня; α – коэффициент раздвижки зерен ($\alpha = 1,36$).

Определим пустотность щебня по формуле

$$\Pi_{\text{щ}} = 1 - \frac{\rho_{\text{тщ}}}{\rho_{\text{щ}}} = 1 - \frac{1,47}{2,72} = 0,46. \quad (9)$$

5. Определим расход песка по формуле

$$\Pi = \left[1000 - \left(\frac{\text{Ц}}{\rho_{\text{ц}}} + \text{H}_2\text{O} + \frac{\text{Щ}}{\rho_{\text{щ}}} \right) \right] \rho_{\text{п}} = 676 \text{ кг/м}^3. \quad (10)$$

6. Для улучшения качественных характеристик смеси по удобоукладываемости и морозостойкости введем добавку ПФМ-НЛК в размере 0,33% от массы вяжущего (1,03 кг).

В итоге получим следующий теоретический расход сырья на 1 м³ готовой продукции (таблица 11).

Таблица 11 – Теоретический расход сырья на 1 м³ готовой продукции

Н ₂ O, л	Цемент, кг	Песок, кг	Щебень, кг	Добавка ПФМ-НЛК
178	312	676	1250	1,03

Теоретически подобранный состав может быть принят к использованию на практике с корректировкой практическим методом.

Для удобства расчетный состав бетона можно выразить в относительных единицах: В/ц, п/щ, Д, которые в дальнейшем будем использовать как основные факторы для получения функции отклика.

Математическое планирование эксперимента есть постановка опытов по заранее составленной схеме с оптимальными свойствами [19, 20]. Математическое планирование позволяет при минимально возможном количестве опытов решить задачу построения математической модели в виде уравнения регрессии, связывающего входные параметры (например, свойства материала) с параметрами входа – разнообразными управляемыми количественными и качественными факторами, а затем использовать эту модель для анализа процесса, интерполяционных расчетов и оптимизации. Эксперимент планируется в соответствии с типовой матрицей, в которой приводится набор комбинаций факторов, симметрично варьируемых относительно некоторого начала координат или

нулевого (основного уровня). Допустимая область варьирования факторов выбирается на основе предварительного изучения объекта в соответствии с поставленной целью [9, 28]. Для упрощения записи условий эксперимента и обработки экспериментальных данных верхний уровень факторов кодируется +1, нижний –1, а основной соответствует 0. Кодирование факторов достигается с помощью формулы

$$x_i = \frac{\tilde{x}_i - \tilde{x}_{i_0}}{\Delta \tilde{x}_i}, \quad (11)$$

где x_i – кодированное значение фактора; \tilde{x}_i – натуральное значение фактора, \tilde{x}_{i_0} – натуральное значение фактора на основном уровне, $\Delta \tilde{x}_i$ – шаг варьирования.

В нашем случае анализ полученных данных предлагается осуществлять при помощи стандартных методик обработки результатов полного факторного эксперимента и получения математических моделей зависимости функций отклика от исходных параметров: В/ц, п/щ, Д. Проверку результатов проведения полного факторного эксперимента предлагается осуществлять при помощи применения программного комплекса Statistica [19].

Выбранные факторы закодируем следующим образом:

U_1 – водоцементное отношение (В/ц);

U_2 – отношение между крупным и мелким заполнителем, песка и щебня крупностью 20 мм (r);

U_3 – содержание повышающей морозостойкость суперпластифицирующей добавки ПФМ-НЛК, в отношении от массы цемента

Выбранные факторы, их коды, а также значения верхнего, среднего и нижнего уровней приведены в таблице 12.

План проведения полного факторного эксперимента в натуральных и кодированных величинах представлен в таблице 13. В соответствии с представленными матрицами планирования экспериментов, для каждой точки плана на основе данных об образцах испытания, полученных на предприятии АО «Стройпанелькомплект», осуществлялся подбор 3 образцов бетона (кубики с размерами ребер 10×10×10), на которых лабораторно проводились испытания

материала. Примеры из журнала результатов учета испытаний образцов представлены в приложении Б.

Таблица 12 – Факторы управления и интервалы их варьирования

Код	Значение	Исследуемые факторы		
		$U_1, \text{В/ц}$	U_2, r	$U_3, \text{Д}$
Верхний уровень	+1	0,35	0,86	0,205
Средний уровень	0	0,27	0,75	0,175
Нижний уровень	-1	0,2	0,64	0,145

Таблица 13 – План эксперимента и натуральные значения переменных в каждой точке плана

Точки плана i	Факторы					
	План в кодированных переменных			План в натуральных переменных		
	U_1	U_2	U_3	В/ц	r	Д
1	-1	-1	-1	0,2	0,64	0,145
2	-1	-1	0	0,2	0,64	0,175
3	-1	-1	+1	0,2	0,64	0,205
4	-1	0	-1	0,2	0,75	0,145
5	-1	0	0	0,2	0,75	0,175
6	-1	0	+1	0,2	0,75	0,205
7	-1	+1	-1	0,2	0,86	0,145
8	-1	+1	0	0,2	0,86	0,175
9	-1	+1	+1	0,2	0,86	0,205
10	0	-1	-1	0,27	0,64	0,145
11	0	-1	0	0,27	0,64	0,175
12	0	-1	+1	0,27	0,64	0,205
13	0	0	-1	0,27	0,75	0,145
14	0	0	0	0,27	0,75	0,175
15	0	0	+1	0,27	0,75	0,205
16	0	+1	-1	0,27	0,86	0,145
17	0	+1	0	0,27	0,86	0,175
18	0	+1	+1	0,27	0,86	0,205
19	+1	-1	-1	0,35	0,64	0,145
20	+1	-1	0	0,35	0,64	0,175
21	+1	-1	+1	0,35	0,64	0,205
22	+1	0	-1	0,35	0,75	0,145
23	+1	0	0	0,35	0,75	0,175
24	+1	0	+1	0,35	0,75	0,205
25	+1	+1	-1	0,35	0,86	0,145
26	+1	+1	0	0,35	0,86	0,175
27	+1	+1	+1	0,35	0,86	0,205

У полученных образцов строительного материала из тяжелого бетона определялись следующие физикомеханические свойства: прочность при сжатии (X_1); морозостойкость (X_2); подвижность смеси (X_3); водонепроницаемость (X_4) и плотности (X_5). Результаты определения свойств представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Определение физико-механических свойств материала

Точки плана <i>u</i>	Факторы			Прочность при сжатии X_1 , МПа			Осадка конуса X_5 , см			Морозостойкость X_2 , циклы			Водонепроницаемость X_3 , МПа			Плотность X_4 , кг/м ³		
	U_1	U_2	U_3	Y_1^1	Y_1^2	Y_1^3	Y_2^1	Y_2^2	Y_2^3	Y_3^1	Y_3^2	Y_3^3	Y_4^1	Y_4^2	Y_4^3	Y_5^1	Y_5^2	Y_5^3
1	-1	-1	-1	27,6	28,6	26,4	6,2	5,3	5,4	196	196	194	0,56	0,58	0,64	2438	2443	2444
2	-1	-1	0	37,2	37,6	35,2	6	6,1	6,2	242	247	253	0,66	0,64	0,68	2451	2450	2454
3	-1	-1	+1	43,7	42,4	42,1	6,6	6,5	6,6	307	315	301	0,82	0,78	0,78	2522	2525	2528
4	-1	0	-1	28,6	26,9	27,1	4,8	5	4,4	186	169	171	0,52	0,53	0,48	2408	2407	2405
5	-1	0	0	30,1	29,4	29,2	4,2	5,1	4,4	201	194	196	0,66	0,62	0,64	2444	2442	2440
6	-1	0	+1	32,5	34,1	32	4,4	4,1	3,9	237	241	245	0,78	0,76	0,72	2491	2492	2498
7	-1	+1	-1	29,2	28,1	29,3	6	5,6	5,8	172	168	169	0,56	0,56	0,54	2405	2400	2409
8	-1	+1	0	27,6	28,3	27,1	5	5,4	5,6	176	183	174	0,61	0,6	0,63	2428	2427	2425
9	-1	+1	+1	29,3	28,8	29,8	4,8	4,7	4,1	203	198	198	0,66	0,67	0,64	2468	2465	2463
10	0	-1	-1	20,1	19,4	19,2	3,2	3,8	3,6	111	94	92	0,57	0,48	0,51	2346	2340	2342
11	0	-1	0	26,22	25,2	26,31	3,5	4,1	3,5	146	142	143	0,62	0,54	0,58	2384	2384	2381
12	0	-1	+1	28,7	29,1	28,4	4,5	5,1	4	197	195	204	0,63	0,65	0,68	2433	2428	2438
13	0	0	-1	15,2	16,1	15,4	2,8	2,2	2,6	82	82	84	0,46	0,45	0,48	2337	2336	2339
14	0	0	0	17,6	16,8	16,2	2,4	2,6	3	101	105	106	0,48	0,49	0,52	2357	2353	2358
15	0	0	+1	25	24,6	24,3	2,1	2,6	2,4	150	146	143	0,59	0,58	0,56	2397	2399	2395
16	0	+1	-1	15,2	16,4	15,6	7,6	8,3	8,1	88	81	84	0,45	0,42	0,44	2321	2329	2322
17	0	+1	0	17,2	17,3	17,5	4	3,6	4,1	91	89	92	0,45	0,47	0,51	2337	2331	2335
18	0	+1	+1	19,1	20,1	20,2	2,5	2,7	3	116	121	119	0,52	0,54	0,53	2365	2373	2363
19	+1	-1	-1	16,7	16,3	16,5	2,5	2,4	2,8	71	73	74	0,42	0,42	0,46	2412	2416	2409
20	+1	-1	0	18,8	19,8	19,4	2	2,2	2,8	108	102	109	0,48	0,45	0,47	2428	2428	2432
21	+1	-1	+1	26,3	25,8	25,4	2,1	2,4	3,4	163	158	164	0,51	0,54	0,53	2469	2464	2463
22	+1	0	-1	17,2	15,9	16,7	2,2	2,5	2,5	68	63	64	0,41	0,44	0,42	2394	2396	2394
23	+1	0	0	18,6	18,8	18,40	1,5	1,7	1,8	84	81	88	0,45	0,48	0,46	2399	2407	2402
24	+1	0	+1	23,2	23,20	23,9	1,8	2,1	2,2	122	122	118	0,51	0,49	0,54	2427	2419	2427
25	+1	+1	-1	14,1	15,3	14,2	3,4	3,5	3,8	78	76	74	0,39	0,38	0,43	2374	2380	2378
26	+1	+1	0	17,1	18,1	17,4	2,3	2,9	3,1	87	83	84	0,41	0,4	0,41	2369	2375	2368
27	+1	+1	+1	19	19,3	18,2	2,5	2,9	2,6	99	98	101	0,49	0,48	0,46	2386	2388	2382

После заполнения матрицы планирования необходимо осуществить проверку на воспроизводимость эксперимента отдельно для каждой функции отклика. Для этого последовательно вычислялись: среднее значение функции отклика в каждой строке плана, построчная дисперсия функции отклика в каждой строке плана, общая дисперсия эксперимента, опытное значение критерия Кохрена, теоретическое значение критерия Кохрена [146]. После чего сравнивалось опытное и теоретическое значения критерия Кохрена [146]. Проверка воспроизводимости эксперимента представлена в приложении В.

После обработки результатов опытов в соответствии с матрицами планирования экспериментов рассчитывались уравнения регрессии по формуле

$$b_i = \frac{\sum_{u=1}^n x_{i_u} \cdot y_u}{n}, \quad (12)$$

где x_{i_u} – кодированное значение фактора x_i на u -м опыте; y_u – значение выходного параметра в том же опыте.

В конечном итоге функции отклика (УР) в натуральных величинах для каждого показателя качества в соответствии с матрицами планирования имеют вид, представленный в таблице 15.

Для технологического анализа и отбора существенных факторов необходимо проведение оценки значимости коэффициентов регрессии. Для этого нужно определить экспериментальное значение t -критерия Стьюдента и сравнить его с табличным или же воспользоваться возможностями программного комплекса Statistica для оценки значимости регрессионных коэффициентов на основе получения карт стандартизированных эффектов Парето:

$$t_i = \frac{|b_i|}{S_{b_i}}, \quad (13)$$

где S_{b_i} – среднее квадратическое отклонение при определении коэффициентов регрессии.

Таблица 15 – Уравнения регрессии в натуральных величинах для каждого показателя качества в соответствии с матрицами планирования

Показатель качества	Обозначение	Уравнения регрессии
Прочность (X_1)	R	$121,93 - 666,80 U_1 - 91,14 U_2 + 386,97 U_3 + 923,43 U_1^2 + 96,77 U_2^2 + 595,47 U_3^2 + 106,65 U_1 \times U_2 - 21,09 U_1 \cdot U_3 - 628,79 U_2 \cdot U_3$
Морозостойкость (X_2)	F	$1043,53 - 5296,67 U_1 - 823,93 U_2 + 2156,14 U_3 + 7139,77 U_1^2 + 814,20 U_2^2 + 9465,03 U_3^2 + 1154,29 U_1 \cdot U_2 - 1523,12 U_1 \cdot U_3 - 5303,12 U_2 \cdot U_3$
Удобоукладываемость смеси (X_3)	OK	$66,10 - 92,95 U_1 - 158,995 U_2 + 137,08 U_3 + 99,64 U_1^2 + 116,77 U_2^2 + 32,92 U_3^2 + 52,40 U_1 \times U_2 - 102,56 U_1 \cdot U_3 - 175,08 U_2 \cdot U_3$
Водонепроницаемость (X_4)	W	$1,9 - 3,22 U_1 - 0,40 U_2 + 1,57 U_3 + 5,43 U_1^2 + 0,34 U_2^2 + 15,02 U_3^2 + 0,48 U_1 \cdot U_2 - 7,96 U_1 \cdot U_3 - 3,37 U_2 \cdot U_3$
Плотность (X_5)	ρ	$2523,39 - 4709,03 U_1 + 783,82 U_2 + 2399,40 U_3 + 11345,68 U_1^2 - 38,26 U_2^2 + 9362,14 U_3^2 - 924,48 U_1 \cdot U_2 - 6309,45 U_1 \cdot U_3 - 3872,05 U_2 \cdot U_3$

Примечание: X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 – функции отклика прочности при сжатии, удобоукладываемости, морозостойкости, водонепроницаемости, U_1, U_2, U_3 – факторы управления (в/ц, r и Д соответственно).

Для технологического анализа и отбора существенных факторов необходимо проведение оценки значимости коэффициентов регрессии. Для этого нужно определить экспериментальное значение t -критерия Стьюдента и сравнить его с табличным или же воспользоваться возможностями программного комплекса Statistica для оценки значимости регрессионных коэффициентов на основе получения карт стандартизированных эффектов Парето:

$$t_i = \frac{|b_i|}{S_{b_i}}, \quad (13)$$

где S_{b_i} – среднее квадратическое отклонение при определении коэффициентов регрессии.

Используя возможности программного комплекса Statistica для оценки значимости регрессионных коэффициентов при соответствующих членах полинома была использована карта стандартизированных эффектов Парето [80] (рисунок 15) для всех характеристик материала. При этом выбранный фактор

полинома считается значимым, если абсолютное значение соответствующего ему коэффициента пересекает линию доверительной вероятности (0,95) [80]. Также этот модуль программы позволяет наглядно оценить вклад каждого из коэффициентов УР в выбранную функцию отклика [80].

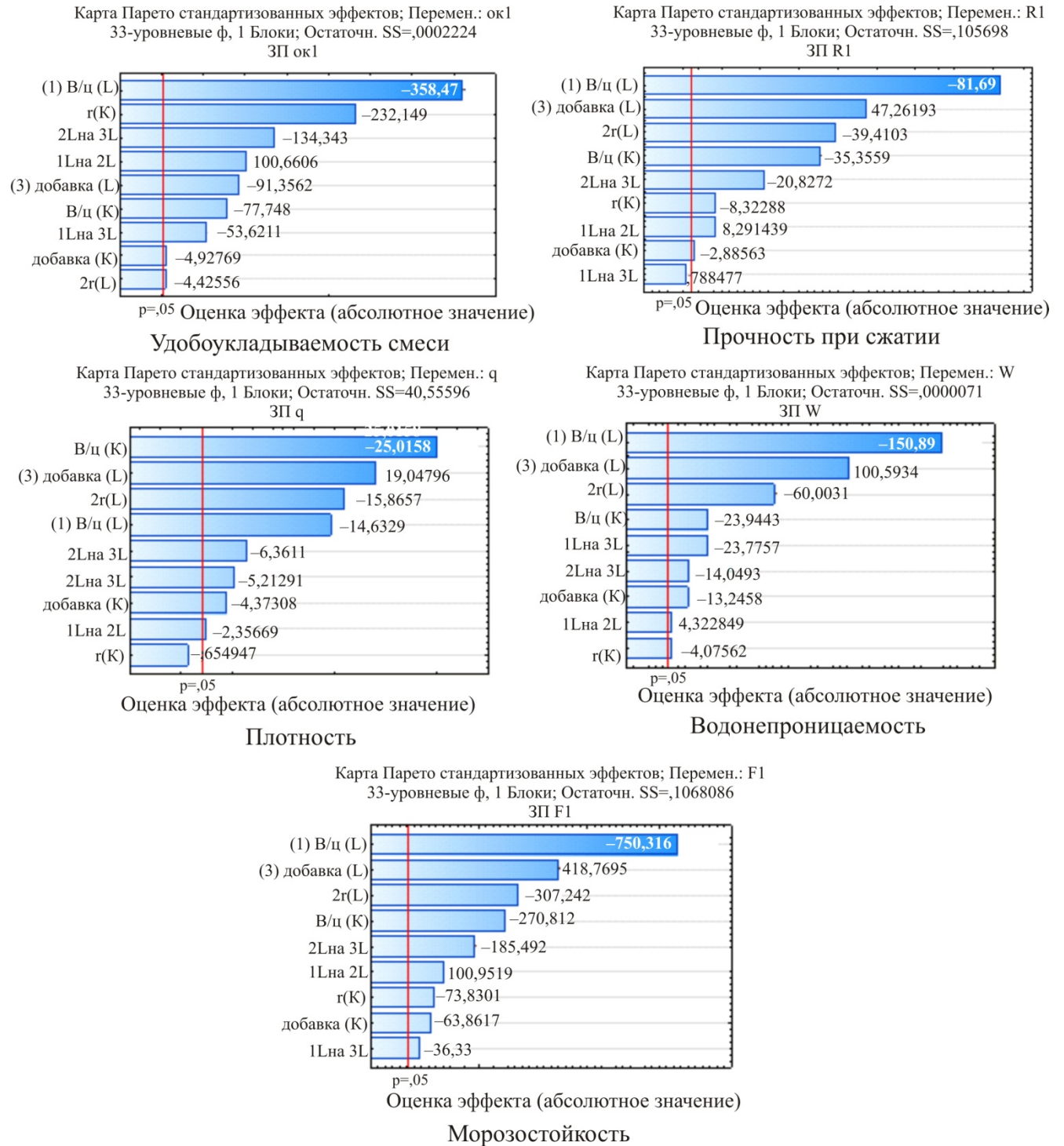


Рисунок 14 – Карты Парето-функций отклика для характеристик смеси

После определения значимости коэффициентов УР определим статические характеристики, дисперсию воспроизводимости и среднее квадратическое отклонение по формулам

$$S_y^2 = \frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1}, \quad (14)$$

$$S_y = \sqrt{S_y^2}. \quad (15)$$

Число степеней свободы по формуле

$$f = N(r-1), \quad (16)$$

где N – число точек плана; r – число опытов в каждой точке плана.

Для проверки адекватности полученных математических моделей необходимо определить опытные значения критерия Фишера, а затем сравнить его с теоретическим.

Расчет опытного значения Фишера осуществляется по следующей формуле:

$$F = \frac{S_{ад}^2}{S_y^2}, \quad (17)$$

где $S_{ад}^2$ – остаточная дисперсия (дисперсия адекватности), характеризующая рассеяние экспериментальных данных относительно линии регрессии и определяемая по формуле

$$S_{ад}^2 = \frac{r}{N_1 - m} \sum_{r=1}^{N_i} (\hat{y}_u - \bar{y}_u)^2, \quad (18)$$

где m – число значимых коэффициентов УР; \hat{y}_u – расчетные значения функции отклика в точках плана; \bar{y}_u – опытные усредненные значения функции отклика в точках плана.

Теоретическое значение критерия Фишера принимается из справочных таблиц в зависимости от уровня значимости $\alpha = 0,05$ и от значений степеней свободы $f_1 = N - m$, $f_2 = N(r-1)$ [146].

Математическая модель считается адекватной при условии выполнения условия $F_{\text{оп}} < F_{\text{теор}}$ [146]. Расчет опытных значений коэффициента Фишера для полученных моделей представлен в таблице 16.

Таблица 16 – Расчет опытных значений коэффициента Фишера

№ п/п	Математическая модель	$S_{\text{ад}}^2$	$S_{\{y\}}^2$	$F_{\text{расч}}$
1	Прочность при сжатии	2,13	0,423	5,03
2	Морозостойкость	209,17	32,12	6,51
3	Удобоукладываемость смеси	1,56	0,245	6,34
4	Водонепроницаемость	0,00137	0,000519	2,64
5	Плотность	476,09	846,93	8,41

На следующем этапе сравним полученные значения опытных и теоретических значений критерия Фишера [146]. Результаты оценки адекватности математических моделей представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Результаты оценки адекватности математических моделей

№ п/п	Математическая модель	$F_{\text{расч}}$	$F_{\text{теор}}$	Вывод об адекватности модели
1	Прочность при сжатии (X_1)	5,03	8,64	Математическая модель адекватна
2	Морозостойкость (X_2)	6,51	8,64	Математическая модель адекватна
3	Удобоукладываемость смеси (X_5)	6,34	8,64	Математическая модель адекватна
4	Водонепроницаемость (X_3)	2,64	8,64	Математическая модель адекватна
5	Плотность (X_4)	8,41	8,64	Математическая модель адекватна

Расчет погрешности эксперимента $\sigma_{\text{сред}}$ осуществим по формуле

$$\sigma_{\text{сред}} = \frac{\sum |\sigma|}{N}, \quad (19)$$

где $|\sigma|$ – модуль значения погрешности; N – число точек плана экспериментов.

Количество экспериментов, которые должны удовлетворять заданному критерию точности, $0,95 \cdot 27 = 26$. Условно примем следующие обозначения: 1 – входит в доверительный интервал критерия точности; 0 – не входит.

Подробно расчет погрешности (σ) эксперимента для характеристик СМ представлен в приложении Г.

Систематизируем основные результаты проверки адекватности математических моделей в таблице 18.

Таблица 18 – Параметры проверки адекватности математических моделей

Функция отклика	Коэффициент детерминации	Критерий Кохрена		Параметры дисперсии			Критерий Фишера		Погрешность
	R^2	$G_{0,05}$	$G_{теор}$	S_i^2	$S_{\{y\}}^2$	$S_{ад}^2$	$F_{расч}$	$F_{теор}$	
Прочность при сжатии, МПа	0,963	0,145	0,198	3,38	0,423	2,13	5,03	8,64	5,04
Морозостойкость, циклы	0,957	0,174	0,198	29,45	32,12	209,17	6,51	8,64	1,59
Удобоукладываемость смеси, см	0,871	0,121	0,198	2,57	0,245	1,56	6,37	8,64	2,9
Водонепроницаемость, МПа	0,896	0,124	0,198	0,12	0,000519	0,00137	2,64	8,64	9,56
Плотность, кг/м ³	0,851	0,172	0,198	151,22	846,93	476,09	8,41	8,64	0,15

2.1.2. Получение множества альтернатив строительных материалов в виде матриц-массивов

Процесс получения множества альтернатив строительных материалов предлагается осуществлять с помощью анализа регрессионных моделей, полученных методом математического планирования (ММП) [80] по заданным показателям качества готового продукта в подразд. 2.2.1.

Ранее было установлено, что материал и изделия из тяжелого бетона обладают комплексом основных качественных характеристик: прочность при сжатии $y^{Rсж}$, морозостойкость y^F , водонепроницаемость y^W , плотность y^P и удобоукладываемость смеси y^{OK} .

Необходимыми исходными данными для получения матриц-массивов качества материала являются уравнения регрессии (УР) характеристик готового продукта. Построение модели множества характеристик альтернатив строительных материалов предлагается осуществлять в программном продукте «Декон – СМ», более подробное описание которого представлено в 3-й главе.

Построение модели описания характеристики прочность при сжатии в программном продукте «Декон – СМ» представлено на рисунке 16.

Наименование критерия	
прочность при сжатии	
Описание критерия	
Введите краткое описание критерия	
Выберите тип критерия:	
<input checked="" type="radio"/> Значение	<input type="radio"/> Уравнение регрессии
Уравнение:	
133.54+71.03*U ₁ -272.49*U ₂ -110.122*U ₃ -133.93*U ₁ ² +197.19*U ₂ ² +106.33*U ₃ ² +12.74*U ₁ *U ₂ +62.06*U ₁ *U ₃ <input type="button" value="Расчет"/>	
Общий вид:	
$133.54 + 71.03 \cdot U_1 - 272.49 \cdot U_2 - 110.122 \cdot U_3 - 133.93 \cdot U_1^2 + 197.19 \cdot U_2^2 + 106.33 \cdot U_3^2 + 12.74 \cdot U_1 \cdot U_2 + 62.06 \cdot U_1 \cdot U_3 - 18.72 \cdot U_2 \cdot U_3$	
Найдены переменные:	
U.1:	<input type="text" value="0.43"/> <input type="text" value="0.77"/>
U.2:	<input type="text" value="0.4"/> <input type="text" value="0.8"/>
U.3:	<input type="text" value="0.3"/>
Уравнение регрессии:	
$133.54 + 71.03 \cdot U_1 - 272.49 \cdot U_2 - 110.122 \cdot 0.3 - 133.93 \cdot U_1^2 + 197.19 \cdot U_2^2 + 106.33 \cdot 0.3^2 + 12.74 \cdot U_1 \cdot U_2 + 62.06 \cdot U_1 \cdot 0.3 - 18.72 \cdot U_2 \cdot 0.3$	

Рисунок 15 – Построение модели множества альтернатив в программном продукте «Декон – СМ»

В качестве примера был выбран показатель (критерий) «прочность при сжатии». Задав уравнение регрессии, мы получили трехмерный график, а также его проекцию на плоскость зависимости частного критерия качества конкретной характеристики изделия от заданных факторов управления (U_1 , U_2 , U_3). Трехмерный график характеристики материала и его проекция на плоскость представлены на рисунке 17.

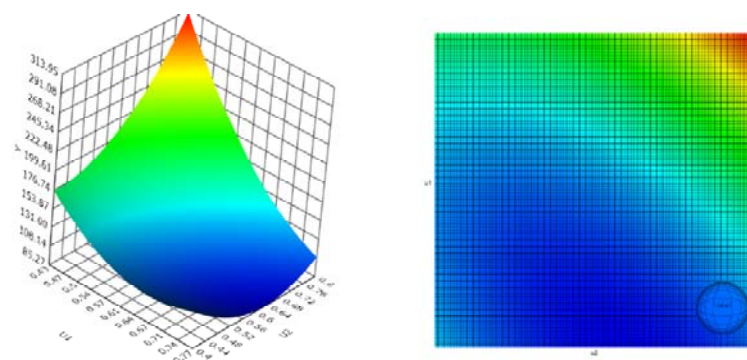


Рисунок 16 – Трехмерный график характеристики материала и его проекция на плоскость

Следует учесть, что в соответствии с предлагаемым подходом к выбору обоснованного ассортимента СМ необходимо построить два набора матриц-массивов для отдельного заполнения характеристиками материала. Это в дальнейшем позволит учесть предпочтения обоих заинтересованных лиц в отношении привлекательности конечного продукта. Шаг дискретности на данных матрицах-массивах предлагается устанавливать при помощи программы Statistika или метода Эйлера при небольших приращениях.

За основные характеристики материала, представляющие интерес для потребителя, примем основные характеристики качества готового изделия из бетона $\vec{x} = \{R_{сж}, F, W, \rho, ОК\}$. Заполним матрицы-массивы путем введения уравнений регрессии в программный продукт «Декон-СМ». Каждая ячейка (i, j, k) в заполненных матрицах-массивах, представленных на рисунке 17, включает данные об индивидуальном соотношении исходных компонентов состава смеси и соответствующие значения показателей характеристик.

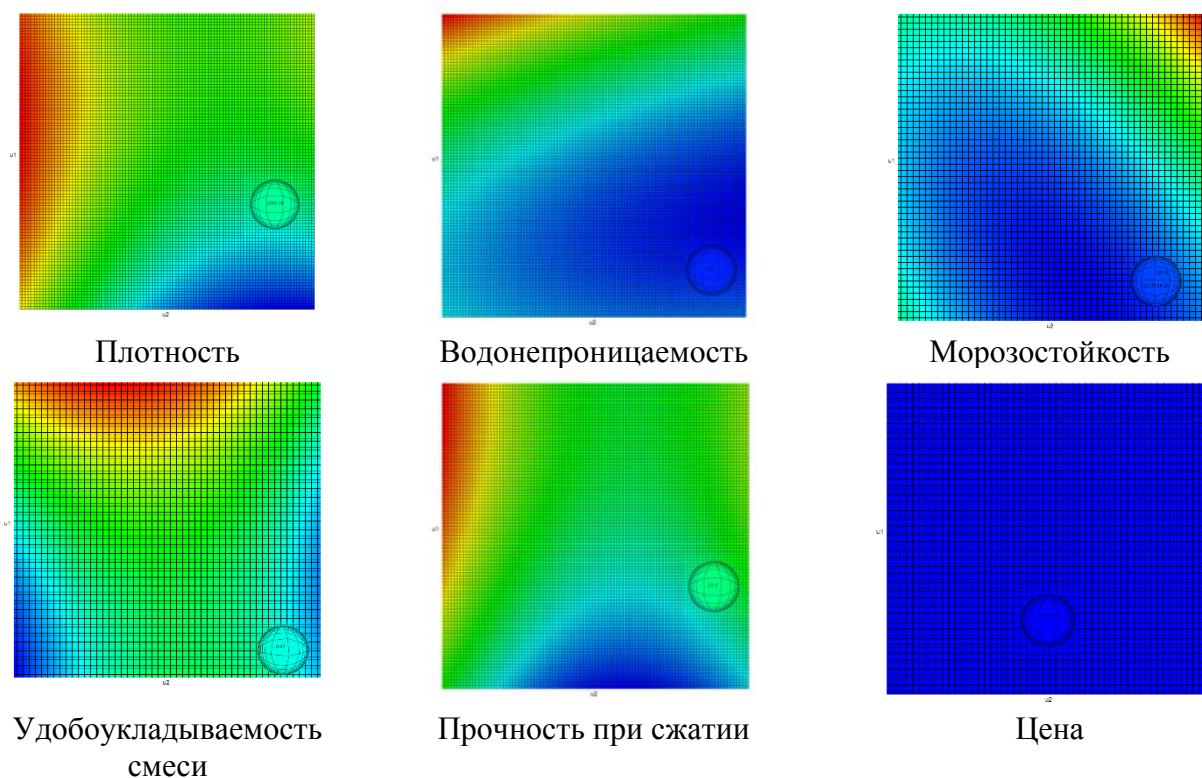


Рисунок 17 – Матрицы-массивы характеристик готовой продукции, строящиеся на основе предпочтений потребителя

Однако помимо построения матриц-массивов $M_x(i, j)_k, x \in \bar{x}$ для заполнения техническими характеристиками материала необходимо построить еще одну матрицу-массив $M_x(i, j)_k, x \in \bar{x}$ для заполнения ценой. На данном этапе мы не имеем представления о конечной цене каждой альтернативы СМ из всего множества альтернатив, поэтому всем ячейкам присваивается нулевое значение.

Производитель, в свою очередь, имеет отличное от потребителя представление в отношении привлекательности реализации того или иного варианта смесеобразования и иначе интерпретирует существенные характеристики материала. Поэтому нуждается в разработке отдельной группы матриц-массивов, отражающих его предпочтения. Производитель в большей степени заинтересован в получении максимальной прибыли от реализации готовой продукции при наименьших производственных издержках [74, 110, 111]. В качестве основных характеристик материала, отражающих предпочтения производителя, были определены затраты на исходные компоненты при смесеобразовании y_1 и производственные издержки y_2 , включающие в себя: затраты на электроэнергию, амортизационные отчисления, фонд заработной платы основных производственных рабочих с отчислением на социальное страхование, затраты на топливо, затраты на арматуру и затраты на накладные расходы в размере 65% от фонда заработной платы [93, 101]. В сумме эти характеристики определяют себестоимость продукции. Построим матрицы-массивы $M_y(i, j)_k, y \in \bar{y}$ и заполним их представленными выше характеристиками. Затраты на компоненты определяются в результате решения оптимизационной задачи в зависимости от соотношения между параметрами управления (U_1, U_2, U_3) , отражающими их расходы. Матрицы-массивы с характеристиками готовой продукции, строящиеся на основе предпочтений производителя, представлены на рисунке 18.

Информацию о производственных издержках для реализации каждого варианта управления СМ предоставляет специалист предприятия по производству

изделий из тяжелого бетона; данный показатель зависит от выбранной технологии изготовления изделия и трудоемкости ее реализации.

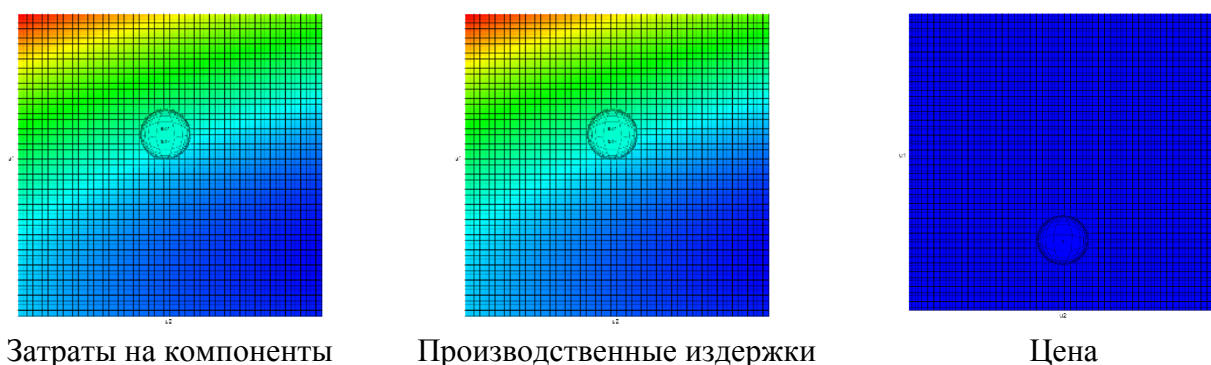


Рисунок 18 – Матрицы - массивы характеристик готовой продукции, строящиеся на основе предпочтений производителя

Ценовой диапазон единицы продукции в соответствии с технологией изготовления также зависит от параметров управления (U_1, U_2, U_3) . Для производителя, кроме того, строится отдельная матрица-массив $M_y(i, j)_k, y_p \in \bar{y}$ с нулевыми значениями ячеек для последующего заполнения ценой, состоящей из совокупности обработки данных о себестоимости изделия, параметрах технических характеристик изделия и нормы прибыли от реализации.

2.1.3. Построение функций приведения характеристик строительного материала

Характеристики СМ, представленные в заполненных потребителем и производителем матрицах-массивах, имеют различие в размерности аргументов, которое является существенным препятствием в комплексном оценивании единиц продукции. Данное препятствие необходимо устранить при помощи перевода значений характеристик материала из фазового пространства в квалиметрическое, при помощи построения функций приведения к стандартной шкале комплексного оценивания (к интервалу $[1,4]$, дискретные значения стандартной шкалы интерпретируются следующим образом: 1 – «неудовлетворительно», 2 – «удовлетворительно», 3 – «хорошо» и 4 – «отлично» [27, 137]).

Построение функций приведения предлагается строить на основе разработанного авторами программного продукта «Джобс-Декон» [63], принцип работы которого подробно описан в 3-й главе.

К построению функций приведения характеристик материала необходимо привлечь потребителя и производителя с целью установления оценок качественных характеристик материала с учетом их предпочтений [72]. В качестве примера на рисунке 19 представлены построенные функции приведения для следующих характеристик: прочность при сжатии (потребителем) и производственные издержки (производителем). Несмотря на отсутствие данных, функции приведения в отношении ожидаемой цены за реализацию и приобретение товара, зависящей от ожидаемых качественных показателей характеристик материала, осуществляется также на данном этапе. Функции приведения, построенные для всех характеристик материала, представлены в приложении В.

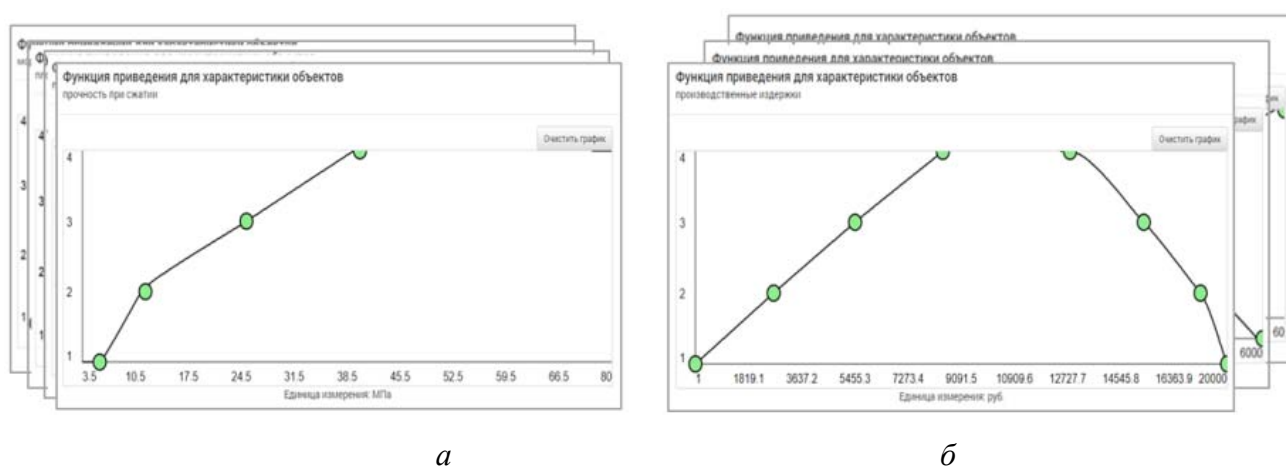


Рисунок 19 – Функции приведения характеристик готового продукта, построенные экспертами с позиции предпочтений потребителей и производителей: *а* – прочность при сжатии (МПа); *б* – производственные издержки (руб.)

Для определения цены необходимо разработать механизм субъектно-ориентированного ценообразования на основе моделирования предпочтений заинтересованных лиц в отношении ожидаемой нормы прибыли производителем и показателей качества изделия потребителем [62].

2.2. Разработка процедуры субъектно-ориентированного ценообразования ассортимента строительных материалов

Для определения цены для альтернатив СМ, представленных ячейками матриц-массивов с характеристиками, представляющими интерес для потребителя $M_x(i, j)_k; x_p \in \bar{x}$ и производителя $M_y(i, j)_k; y_p \in \bar{y}$, необходимо разработать процедуру субъектно-ориентированного ценообразования на основе моделирования предпочтений заинтересованных лиц. Актуальность разработки данной процедуры обусловлена тем, что в соответствии с предлагаемым подходом в выборе варианта выпуска СМ на основе учета ФН и УЭ изделия участвуют лица с различными предпочтениями, имеющие различное представление о привлекательности конечного продукта [64, 68, 70]. В результате чего процесс получения согласованной цены становится весьма затруднительным. Поэтому для получения «справедливой цены» предлагается использовать процедуры нахождения согласованных решений, отличающиеся наилучшим соблюдением интересов обоих заинтересованных лиц.

2.2.1. Разработка концептуальной модели субъектно-ориентированного ценообразования

Разработку механизма субъектно-ориентированного ценообразования для управления выпуском СМ для АСК целесообразно представить в виде концепции. В качестве главной особенности разрабатываемой концепции следует считать более полный учет предпочтений участников ценообразования – потребителя и производителя, взаимодействие которых адекватно процедуре торга между продавцом и покупателем. Поведение данных субъектов определяется их предпочтениями, отличающимися сложной для понимания структурой и склонностью к манипулированию результатами. Известно, что потребитель и производитель при определенных условиях способны проявлять «как огромные потенциальные возможности субъекта, так и атрибутивно присущие им ограничения, связанные с высокой степенью неопределенности, наличием многих

трудно сопоставимых критериев и неявных альтернатив, жесткого дефицита времени, высокой ответственности, помех разного типа» [143]. Эти трудности можно преодолеть, используя имитационное моделирование поведения участников ценообразования в задачах выбора СМ, результатом которого становится своеобразная форма искусственного интеллекта, препятствующая манипулированию [32, 33, 35, 119, 121, 122, 143].

Положение 1. Ценообразование для управления выпуском альтернатив СМ целесообразно представить композицией моделей предпочтений потребителя и производителя, воспроизводящей процесс функционирования рыночного механизма с целью установления функций спроса и предложения [119, 143], а также договорной цены в точке равновесия, исключающей преференции того или иного выгодоприобретателя.

Моделирование предпочтений данных участников предполагает учет множества существенных субъективных факторов (детерминантов), представляемых в объединенном фазовом пространстве [143] $\Phi = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\} \cup \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_m\}$ потребителя $\Phi = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ и производителя $\Phi = \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_m\}$ и оказывающих различное влияние на спрос $\hat{x} = f_x\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ и предложение $\hat{x} = f_y\{y_1, y_2, y_3, \dots, y_m\}$ и интерпретируемых как качество приобретаемого или производимого продукта соответственно.

Современные подходы к решению этой многомерной задачи в силу ее чрезмерной сложности и неопределенности ограничиваются учетом двух основных факторов: цены $x_1 | y_1$ и объема $\hat{x}_1 | \hat{y}_1$ сделки, допуская неизменность прочих факторов и возможность пренебрежения ими [143]. Отсюда следуют экспертно устанавливаемые функции спроса $\hat{x} = f_x(x_1)_{x-1=\text{const}}$ и предложения $\hat{x} = f_y(y_1)_{y-1=\text{const}}$, а также поиск и анализ равновесных состояний рынка в этом предположении:

$$\hat{x} = f_x\{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\} \rightarrow \hat{x} = f_x(x_1)_{x-1=\text{const}} \quad (20)$$

$$\hat{y} = f_y\{y_1, y_2, y_3, \dots, y_m\} \rightarrow \hat{y} = f_y(y_1)_{y-1=\text{const}} \quad (21)$$

Очевидно, что подобный способ учета влияния человеческого фактора в задачах ценообразования является неполным, что делает актуальной разработку более эффективных подходов [143].

Положение 2. В механизме ценообразования предлагается использовать подход к моделированию предпочтений потребителя и производителя в соответствии с мерностью фазового пространства Φ , который разработан в рамках субъектно-ориентированного управления [118].

Установление математических отношений вида (20), (21) имеет принципиальное препятствие, связанное с различием в размерностях их аргументов. Данное препятствие устраняется за счет преобразования существенных характеристик СМ из фазового пространства в безразмерное – квалиметрическое пространство (критерии объекта) с помощью прямых (ФП) и обратных (ФП⁻¹) функций приведения к стандартной шкале комплексного оценивания. Только в квалиметрическом пространстве возможны свертки детерминантов, играющих роль аргументов в функциях спроса и предложения.

Функции приведения могут быть построены только при наличии достаточной статистики рынка изделий из тяжелого бетона [143]. Так как в рамках ассортиментного подхода уменьшается количество допустимых к реализации альтернатив СМ по сравнению с унифицированным подходом, статистические данные относительно реализации подобной продукции отсутствуют или ограничены. Решить эту проблему предлагается за счет применения механизма субъектно-ориентированного ценообразования ко всем ячейкам m (i, j, k) массива альтернатив СМ, результатом будут фазовые значения цен и уровни удовлетворенности сделкой.

Положение 3. В рамках предложенного подхода изменим интерпретацию функций спроса и предложения в квалиметрическом пространстве с «количества приобретаемого (производимого) продукта» на «степень удовлетворенности» от выбранного варианта состава смеси СМ каждым заинтересованным лицом.

В качестве примера уместно привести проекцию $\text{Pr}_{(x_1, y_1), (\hat{X}, \hat{Y})}$ полного представления альтернатив в $(\Phi \cup Q)$, компоненты которой отображают две

шкалы – шкалу цен объекта в фазовом пространстве $[x_1, y_1]$ и шкалу комплексных оценок $[\hat{X}, \hat{Y}]$, то есть «уровень удовлетворенности» участников от возможного варианта изготовления материала.

Вводимые функции приведения демонстрируют возможность представления любого объекта ценообразования в виде совокупностей характеристик: детерминантов потребителя и производителя $\bar{x} = \overline{x_{-1}} \cup x_1$ и $\bar{y} = \overline{y_{-1}} \cup y_1$ при условии достаточности разброса их значений в интервалах, предусмотренных в функциях приведения, для последующих сверток \hat{X}, \hat{Y} , осуществляемых согласно процедуре, представленной на рисунке 20. При разработке параметров выбранных механизмов свертки (такими параметрами в линейных свертках являются взвешенные коэффициенты) необходимо ориентироваться на полное множество представлений альтернатив. Процесс перевода детерминант спроса и предложения заинтересованных лиц из фазового в квалиметрическое пространство и построения взвешенных коэффициентов необходимо осуществлять при помощи программного продукта «Джобс-Декон».

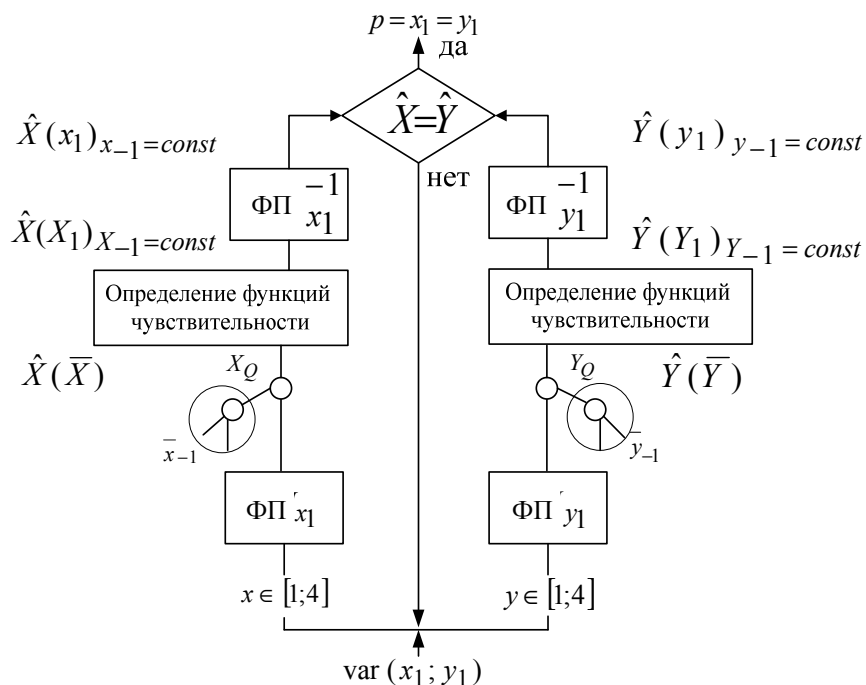


Рисунок 20 – Процедура субъектно-ориентированного ценообразования на основе модели рынка одного продукта

Положение 4. Искомый результат «справедливого» неманипулируемого ценообразования выбранного варианта СМ, представленного ячейкой $m(i, j, k)$ матрицы – массива альтернатив СМ, определяется параметрами равновесного состояния рынка, которое формируется в точке пересечения кривых спроса и предложения в подпространстве $\text{Pr}_{(x_1, y_1), (\hat{X}, \hat{Y})}(\Phi \cup Q)$, где степени удовлетворённости от сделки у заинтересованных лиц приобретают максимально равные значения [143].

Процедура ценообразования для альтернативы СМ с использованием фазовой (цены p) и квазиметрической (уровней \hat{X}, \hat{Y} удовлетворенности потребителя и производителя) шкал модели выбора строится посредством определения уровней удовлетворенности $\hat{X}(x_1)$ и $\hat{Y}(y_1)$ участников ценообразования в диапазоне варьирования параметрами цены $p = x_1 = y_1 \in [p_{\min}, p_{\max}]$ при фиксированных уровнях качества $X_{Q_x}^*$, $Y_{Q_y}^*$ и заканчивается при наступлении события $\hat{X}(p^*) = \hat{Y}(p^*)$ с результатом в виде согласованной цены за продукт p^* [143].

Иллюстрация процесса ценообразования в общем виде представлена на рисунке 21.

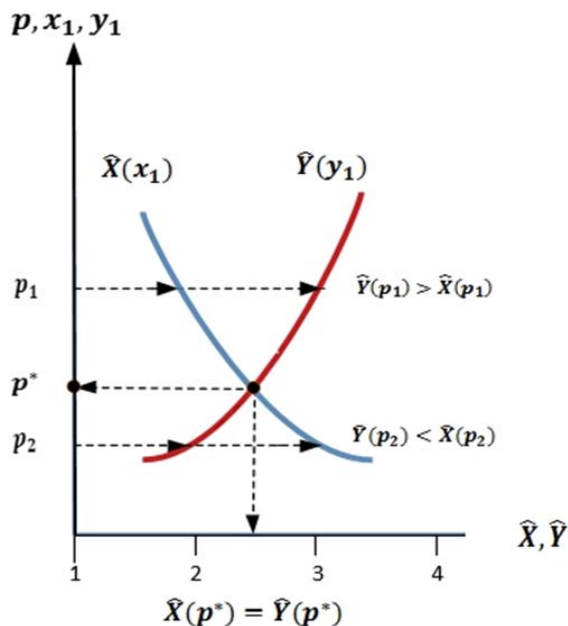


Рисунок 21 – Иллюстрация процесса неманипулируемого и сбалансированного ценообразования

Неманипулируемость сделок на построенной модели достигается расширением принципа учета полного множества представления альтернатив с одиночных моделей предпочтений на их композиции [119, 143]. Предложенная модель, используемая в задаче ценообразования для выбора альтернатив СМ, предполагает возможность широкого разнообразия мотиваций заинтересованных лиц посредством замещения основного параметра $x_1 = y_1$ на любые другие параметры (x_{-1}) по общему согласию участников, то есть диверсификацию данного класса задач [143].

Возникает вопрос о валидности этих механизмов, уровень которой обеспечивается разработкой и использованием специальных эвристик: репрезентативности, доступности или корректировки и привязки [68]. Эффективными эвристиками репрезентативности могут служить процедуры обработки экспертной информации [69].

Положение 5. При стремлении к повышению валидности моделей ценообразования целесообразно использовать процедуры нахождения согласованных решений, строящихся на развитии принципов активной неманипулируемой экспертизы и обобщенной медианы и отличающихся наилучшим соблюдением интересов коалиций, участвующих в принятии решений [69].

Описанные положения концепции могут служить методологическим базисом эффективного ценообразования в рамках сложившейся стратегии достижения приемлемого соотношения между ценой и качеством вариантов выпуска СМ. Для реализации этой возможности необходимо совершенствование известных и создание новых механизмов поддержки принятия решений, образующих в совокупности единую процедуру ценообразования в соответствии с положениями 1–5. Важнейшей особенностью этой процедуры является то, что в ней наиболее полно и ярко проявляются как огромные потенциальные возможности субъекта, так и атрибутивно присущие ему ограничения в условиях неопределенности. Речь идет о принятии решений в крайне сложных условиях (высокая неопределенность, наличие многих трудно сопоставимых критериев и неявных альтернатив, жесткий дефицит времени, высокая ответственность, помехи разного

типа). Именно в этих процессах проявляются свойственные субъекту специфические особенности переработки информации, «отклонения от рациональности» в выборе – необходимость одновременно оперировать большим объемом информации, влияние эмоциональных факторов, сильная деформация выбора под влиянием социально-психологических факторов и многое другое [90].

Процесс определения согласованной цены поэтапно осуществляется на полном множестве альтернатив – объединенных ячеек матриц-массивов с характеристиками, представляющими интерес для потребителя $M_x(i, j)_k; x_p \in \bar{x}$ и производителя $M_y(i, j)_k; y_p \in \bar{y}$.

2.2.2. Процедура реализации субъектно-ориентированного ценообразования

Рассмотрим пример нахождения согласованной цены для альтернативы СМ №1 в заполненных характеристиками матрицах-массивах $M_x(i, j)_k; x_p \in \bar{x}$ и $M_y(i, j)_k; y_p \in \bar{y}$. Начальная процедура субъектно-ориентированного ценообразования связана с независимым формированием каждым участником своего необходимого и достаточного набора существенных характеристик объекта выбора в фазовой (квалиметрической) системе координат.

Альтернатива СМ №1 из всего представленного множества обладает рядом значений характеристик (таблица 19).

Таблица 19 – Характеристики альтернативы строительного материала № 1

Номер альтернативы УПП СМ	Характеристики потребителя					Характеристики производителя	
	Прочность при сжатии, МПа	Плотность, кг/м ³	Морозостойкость, циклы	Водонепроницаемость, МПа	Удобоукладываемость, см	Затраты на компоненты, руб.	Производственные издержки, руб.
1	30	2450	245	0,7	3,5	2524	3183

На данном этапе построения моделей предпочтений в программном продукте «Джобс-Декон» выбирается тип модели и наименование, затем по степени важности (соблюдая отношение строгого порядка) выстраиваются существенные

характеристики объекта предметной области. Данная процедура носит субъективный характер и осуществляется индивидуально каждым заинтересованным лицом (потребителем и производителем).

Следующая частная процедура ценообразования включает процедуры разработки функций приведения к стандартной шкале комплексного оценивания [1, 4] фазовых характеристик \bar{x} и \bar{y} на полном множестве представления альтернатив. В нашем случае функции приведения были разработаны на предыдущем этапе (приложение Г).

Только после завершения этапа разработки функций приведения формируется представляемое множество объектов в виде фиксированных наборов значений их характеристик.

Отметим, что ценообразование осуществляется в виде композиции, которая предполагает размещение моделей предпочтений в объединенном по отдельным компонентам фазово-квалиметрическом пространстве: $\Phi_x(x_1) \cup \Phi_y(y_1)$, $Q_x(X_1) \cup Q_y(Y_1)$, $Q_x(\hat{X}) \cup Q_y(\hat{Y})$, и построение функций чувствительности, как линейных сверток – предпочтений потребителя и производителя в «рабочих точках»:

$$\hat{X}_{X_{i \neq 1}}^*(X_1) = \sum_{i \neq 1}^3 K_i X_i^* + K_1 X_1, \quad (22)$$

$$\hat{Y}_{Y_{i \neq 1}}^*(Y_1) = \sum_{j \neq 1}^3 K_j Y_j^* + K_1 Y_1. \quad (23)$$

Для получения функций чувствительности от фазовых переменных x_1 y_1 воспользуемся подстановками функций приведения $X_1 = \pi^*(x_1)$ и $Y_1 = \pi^*(y_1)$ в следующие выражения:

$$\hat{X}_{X_{i \neq 1}}^*(x_1) = \sum_{i \neq 1}^3 K_i X_i^* + K_1 \pi_1^*(x_1), \quad (24)$$

$$\hat{Y}_{Y_{i \neq 1}}^*(y_1) = \sum_{j \neq 1}^3 K_j Y_j^* + K_1 \pi_1^*(y_1). \quad (25)$$

После построения функций чувствительности осуществим процедуру ранжирования характеристик материала с учетом предпочтений потребителя и производителя, представленных на рисунках 22 и 23, и определим взвешенные коэффициенты. Взвешенные коэффициенты K_i и K_j в линейных свертках (24) и (25) определяются в соответствии с общепринятыми правилами путем ранжирования их по важности, оцифровки степеней важности и нормализации с целью выполнения требований: $K_i, K_j < 1, \sum_{i=1}^3 K_i = 1, \sum_{j=1}^3 K_j = 1$.

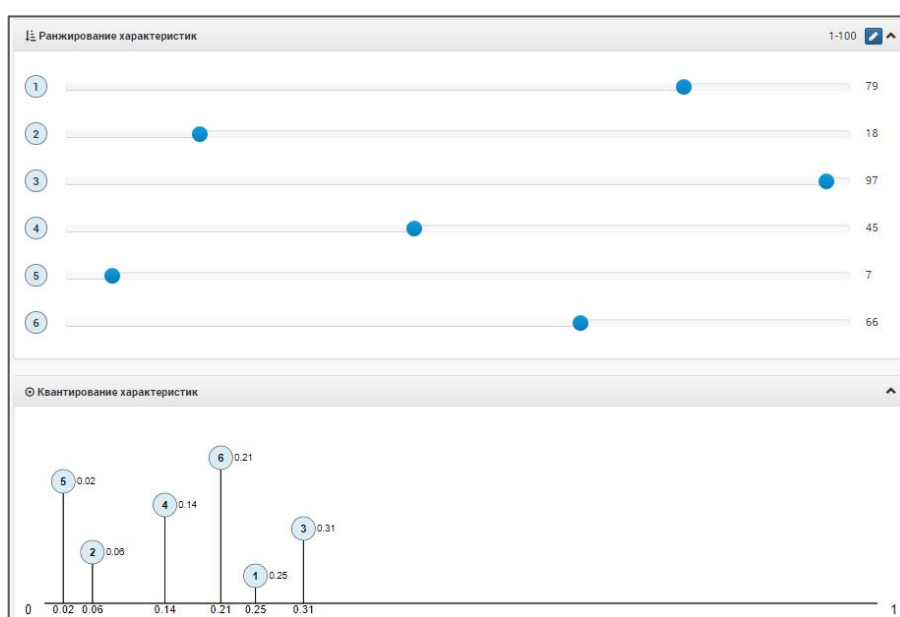


Рисунок 22 – Процедура ранжирования характеристик материала с учетом предпочтений потребителя

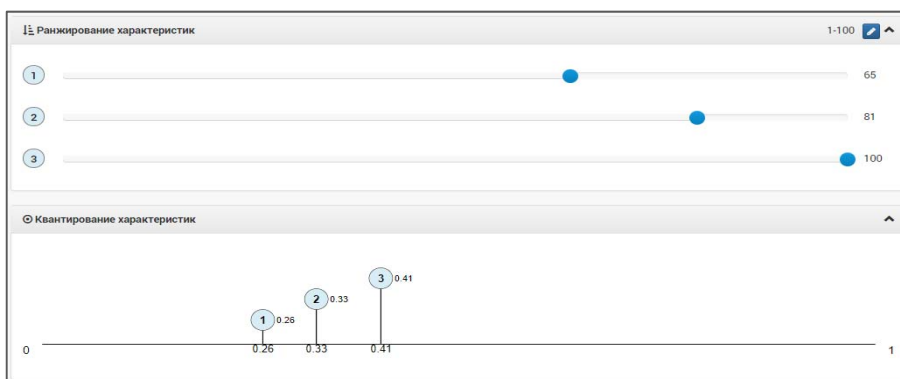


Рисунок 23 – Процедура ранжирования характеристик материала с учетом предпочтений производителя

После проведения процедуры ранжирования получим модели предпочтений для потребителя и производителя:

$$\hat{X} = 0,25 X_1 + 0,06 X_2 + 0,31 X_3 + 0,14 X_4 + 0,02 X_5 + 0,21 X_6, \quad (26)$$

$$\hat{Y} = 0,26 Y_1 + 0,33 Y_2 + 0,41 Y_3. \quad (27)$$

После установленных при помощи функций приведения параметров «рабочих точек» ($\hat{X}_1 = 3,1$; $\hat{X}_2 = 3,1$; $\hat{X}_4 = 1,7$; $\hat{X}_5 = 3,2$; $\hat{X}_6 = 3$; $\hat{Y}_1 = 2,8$; $\hat{Y}_2 = 3,1$), формируемых автоматически в программном продукте «Джобс-Декон» при занесении альтернатив, определим ценовую привлекательность строительного материала с пошаговым увеличением нормы прибыли от 0 до 60% от себестоимости изделия для каждого участника ценообразования.

На рисунке 24 показан процесс определения рабочей точки для характеристики «прочность при сжатии». Аналогичным образом осуществляется процесс определения рабочих точек для всех характеристик материала с позиции предпочтений потребителя и производителя на соответствующих моделях.

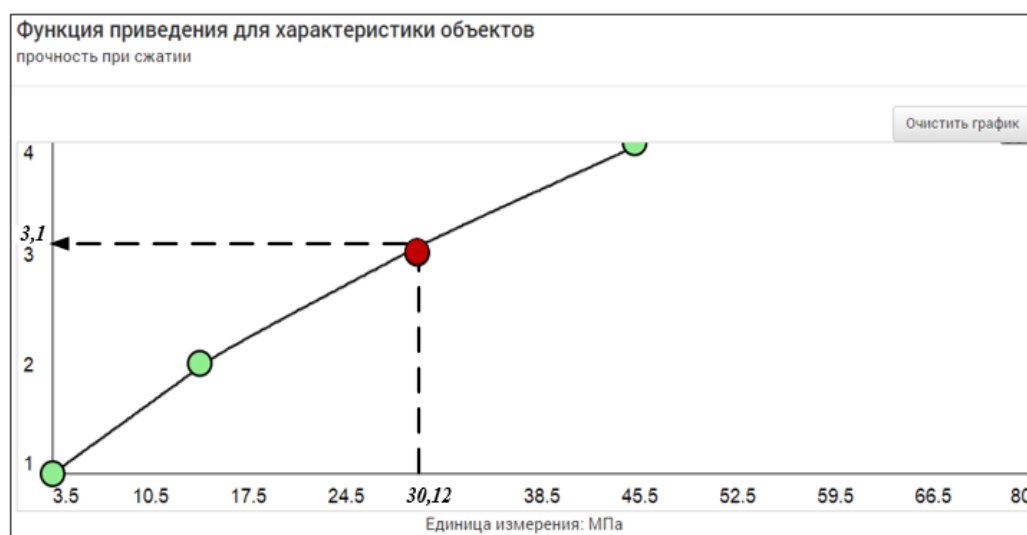


Рисунок 24 – Процесс определения рабочей точки для характеристики «прочность при сжатии»

На рисунке 25 представлена комплексная оценка привлекательности альтернативы СМ для производителя с нормой прибыли, равной 60 % от себестоимости продукта.



Рисунок 25 – Комплексная оценка привлекательности альтернативы № 1 для производителя с нормой прибыли от себестоимости продукта на 60 %

Удовлетворенность процессом роста нормы прибыли участников ценообразования представлена на рисунке 26. На оси абсцисс отображены варианты увеличения нормы прибыли от 0 до 60 % (0–6) от себестоимости продукции. На оси ординат представлен уровень удовлетворенности результатами увеличения нормы прибыли в квалиметрическом представлении: 1–4.

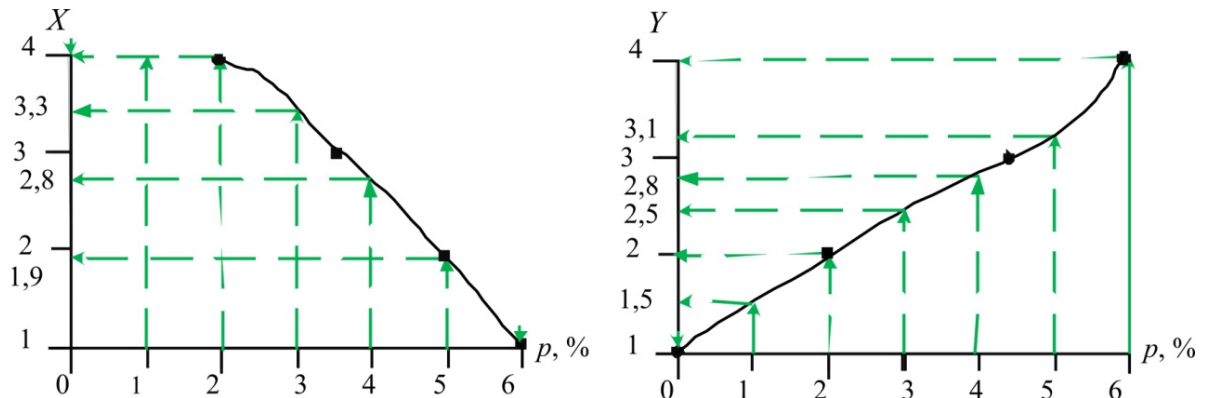


Рисунок 26 – Удовлетворенность процессом роста нормы прибыли участников ценообразования: X – потребителем; Y – производителем

На основе полученных оценок привлекательности проведем процедуру построения композиций моделей предпочтений потребителя и производителя в совместном отображении функций чувствительности $\hat{X}(x_1)$ и $\hat{Y}(y_1)$ (рисунок 27) в соответствии с данными, представленными в таблице 20.

Таблица 20 – Композиция моделей предпочтений потребителя и производителя

X	X_1	\hat{X}		Y	Y_1	\hat{Y}
Альтернатива № 1						
5700	4	2,88		5700	1	2,45
6270	4	2,82		6270	1,5	2,48
6840	4	2,76		6840	2	2,52
7410	3,3	2,69		7410	2,5	2,58
7980	2,8	2,62		7980	2,8	2,69
8550	1,9	2,56		8550	3,1	2,83
9120	1	2,45		9120	4	2,96

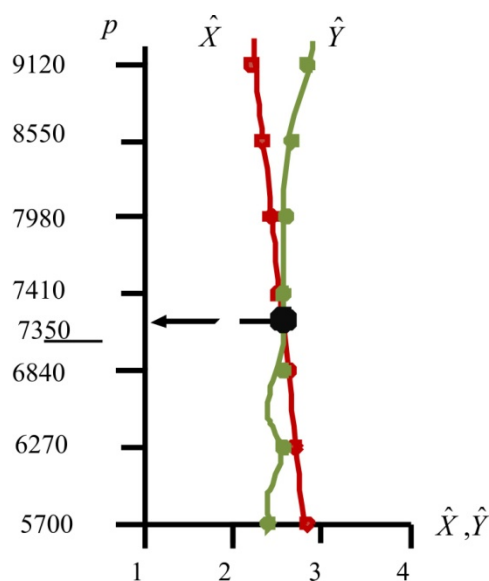


Рисунок 27 – Ценообразование для альтернативы №1

Процедура заканчивается определением равновесного состояния, приводящего к согласованной (справедливой) цене объекта p^* при совпадении комплексных оценок моделей предпочтений обоих заинтересованных лиц $\hat{X}(p^*)$, $\hat{Y}(p^*)$. Для альтернативы СМ согласованная цена равна 7350 рублям. Аналогично проводим подобную процедуру для всех альтернатив СМ, представленных матрицами-массивами $M_x(i, j)_k; x_p \in \bar{x}$ и $M_y(i, j)_k; y_p \in \bar{y}$, и получаем полную модель описания множества управлений ассортиментом строительных материалов, на которой будут осуществляться все дальнейшие операции по оптимизации.

ВЫВОДЫ ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ

1. В результате анализа технологии изготовления изделий из тяжелого бетона были выделены три основные стадии производства: дозирование и перемешивание исходных компонентов (смесеобразование), укладка смеси и ее формование и тепловлажностная обработка изделия. При условии постоянства последних двух стадий получение множества альтернатив строительных материалов целесообразно осуществлять за счет управления процессом дозирования компонентов. В качестве необходимых и достаточных данных для расчета количества компонентов (портландцемента, песка, щебня, воды и добавки) выступают водоцементное соотношение, соотношение мелкого и крупного заполнителя и различного рода добавки относительно от массы цемента.

2. В результате обработки данных о результатах экспериментов с образцами бетона, полученных на предприятии, методами математического планирования экспериментов были определены математические зависимости изменения [146] показателей качества тяжелого бетона от исходного состава смеси по характеристикам: прочность при сжатии, морозостойкость, водонепроницаемость, плотность, удобоукладываемость. Результаты оценки адекватности математических моделей, полученные сравнением опытных и теоретических значений критерия Фишера, а также расчет погрешности (σ) эксперимента позволяют утверждать, что математические модели адекватны и с вероятностью 95 % описывают исследуемые процессы.

3. Построены два набора матриц-массивов с характеристиками в координатах параметров U_1, U_2, U_3 (соотношение компонентов смесеобразования). Элементами массивов являются комплексные оценки произведённого продукта с учетом моделей предпочтений потребителя, производителя и согласованной с ними цены. Для определения цены была разработана процедура субъектно-ориентированного ценообразования, обеспечивающая результативные взаимодействия моделей поведения потребителя и производителя в задаче выбора.

3. РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ВЫБОРА ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Процесс изготовления строительных материалов и конструкций объекта недвижимости является центральным и достаточно сложным объектом в аспектах структурной, функциональной сложности и сложности поведения, предполагает модульное построение (рассмотрение как совокупности выделенных модулей), поэтому его необходимо исследовать при помощи методов системной инженерии [49, 57, 120]. В процессе выпуска ассортиментных единиц строительных конструкций участвует большое количество субъектов: управленческий персонал подсистем потребителя (проектировщик, маркетологи и т.д.) и производителя (технологи, сотрудники отдела технического контроля) и комплексные бригады, которые включают рабочих различных специальностей, различные многофункциональные машины и оборудование [38, 139]. Деятельность всех этих субъектов имеет слабую структурированность ввиду неопределенности, связанной с человеческим фактором [51, 69].

В настоящее время на предприятиях, выпускающих изделия из бетона, применяются автоматизированные системы, позволяющие накапливать и систематизировать данные о технологическом процессе в едином информационном пространстве. Такие системы позволяют получать большой объем информации о возможностях исключения или уменьшения брака на производстве. Различные инструменты реализации BIM-моделирования, такие как ИНФАСТ, Revit и др., подразумевают применение строительных конструкций с различными свойствами в рамках построения информационной модели одного объекта. Однако на сегодняшний день отсутствуют технологии, в которых заложена функция обработки данных, позволяющая на основе механизма многокритериальной оптимизации и построения моделей предпочтений потребителя и производителя осуществлять подбор рецептур составов смеси СМ для СК в соответствии с ее функциональным назначением и условиями эксплуатации в здании.

3.1 Структура системы управления проектированием и производством ассортимента строительных материалов и конструкций

Опишем логическую структуру данной системы в терминах ее составных частей [128, 139]. В сложной системе можно выделить ряд крупных взаимодействующих элементов, называемых подсистемами, которые в свою очередь состоят из более простых функциональных объектов (компонентов, субкомпонентов и деталей). Обычно при описании различных архитектурных уровней структуру системы составляют только «система» и «подсистемы», нижние уровни не рассматриваются [128].

Следует отметить, что система может быть частью более сложного агрегата, или суперсистемы, а подсистему при определенных условиях можно рассматривать как систему. Поэтому для устранения возникшей неопределенности под системой будем понимать те сущности, которые обладают свойствами комплексной системы и выполняют полезную функцию с помощью человека и стандартных инфраструктур.

На начальном этапе в качестве системы рассмотрим объект недвижимости (ОН) [17,151]. С позиций современного системного подхода полный жизненный цикл (ЖЦ) ОН включает в себя стадии: идеи (прединвестиционные исследования, технико-экономическое обоснование, бизнес-план), проектирование, строительство, эксплуатацию и ликвидацию (демонтаж и снос строения; вторичное использование и утилизация отходов, рекультивация земельного участка) (рисунок 28).



Рисунок 28 – Жизненный цикл объекта недвижимости

Более подробно рассмотрим стадии проектирования и строительства. Стадия проектирования включает в себя три этапа: архитектурный, инженерного проектирования и технологический, позволяющий учесть техническую сторону

эксплуатации здания. Стадия строительства включает этап строительного производства, результатом которого является конечная продукция – готовые к эксплуатации здания и сооружения, состоящие из взаимосвязанного множества строительных конструкций, изготавливаемых из строительных материалов, обладающих определенным набором качественных параметров [17]. Данные стадии плотно взаимосвязаны, так как надежность и функциональность готовых объектов зависит от качества строительных материалов, предназначенных для изготовления строительных конструкций.

Известно, что при эксплуатации объекта недвижимости входящие в его состав строительные конструкции испытывают разные нагрузки и воздействия [72]. Поэтому в качестве системы целесообразно рассмотреть ассортимент строительных конструкций, удовлетворяющих не нормативным требованиям по принципу унификации (единообразию технических характеристик), как это принято в современном строительстве, а фактическому функциональному назначению и условиям эксплуатации в здании.

Система управления проектированием и производством ассортимента строительных материалов и конструкций включает в себя три подсистемы: подсистему потребителя (заказчика), подсистему информационного обеспечения разработки АСК, подсистему производителя СК, компоненты которых тесно взаимосвязаны между собой (рисунок 29). Рассмотрим компоненты представленных выше подсистем и их взаимосвязь.

Подсистема производителя осуществляет технологический процесс производства СМ и СК. Основным компонентом подсистемы производителя является контроль качества сырьевых компонентов, во многом определяющий результаты технологического процесса, контроль качества смесеобразования, этапы реализации производственного процесса СК и сбыт готовой продукции.

Подсистема потребителя имеет конечное представление о готовой ассортиментной единице и формирует техническое задание на ее изготовление. Подсистема потребителя формирует требования к качеству ассортиментных единиц и участвует в ценообразовании альтернатив реализации вариантов смесеобразования, предназначенных для изготовления конструкций.

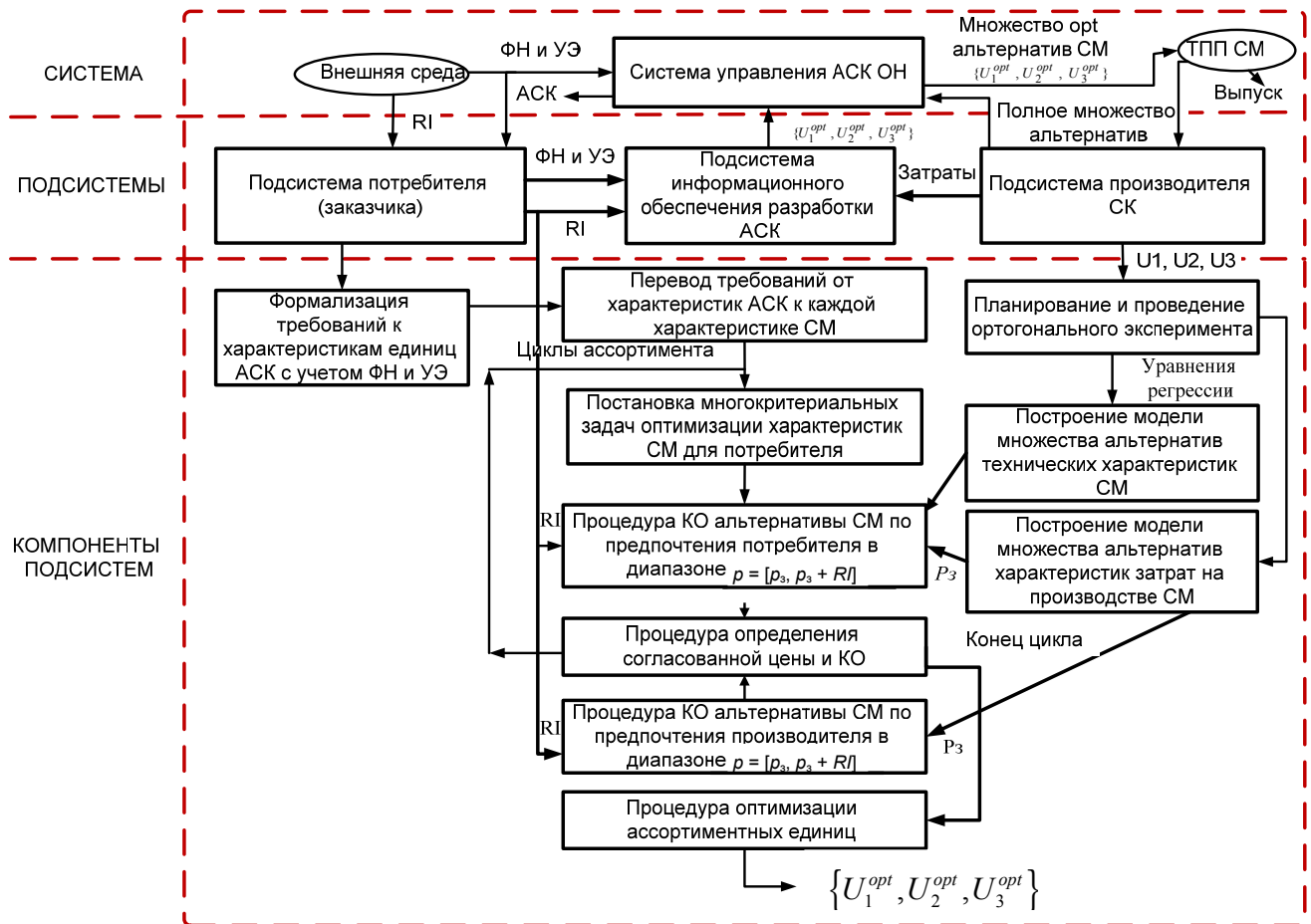


Рисунок 29 – Модель системы управления проектированием и производством ассортимента строительных материалов и конструкций

Подсистема информационного обеспечения разработки АСК, основанная на ассортиментном подходе, позволяет осуществить выбор характеристик СМ конструкций объекта недвижимости на основе их условий эксплуатации и функционального назначения посредством учета предпочтений заинтересованных лиц.

Информационная система осуществляет перевод требований к характеристикам ассортиментных единиц строительных конструкций на требования к качеству СМ, а также задает вектор реализации процесса производства изделий.

Для построения жизненного цикла информационной системы выбора характеристик строительных материалов необходимо применить метод системной инженерии, который включает четыре основных шага:

- 1) анализ требований;
- 2) функциональное описание;
- 3) описание физической реализации;

4) валидацию проектных решений, которая предполагает демонстрацию эффективности выбранной концепции и выстраивание аргументов в пользу инвестирования в данную систему [128].

В соответствии с названными этапами жизненный цикл системы управления выбором характеристик строительных материалов конструкций целесообразно представить спиралевидной моделью (рисунок 30).

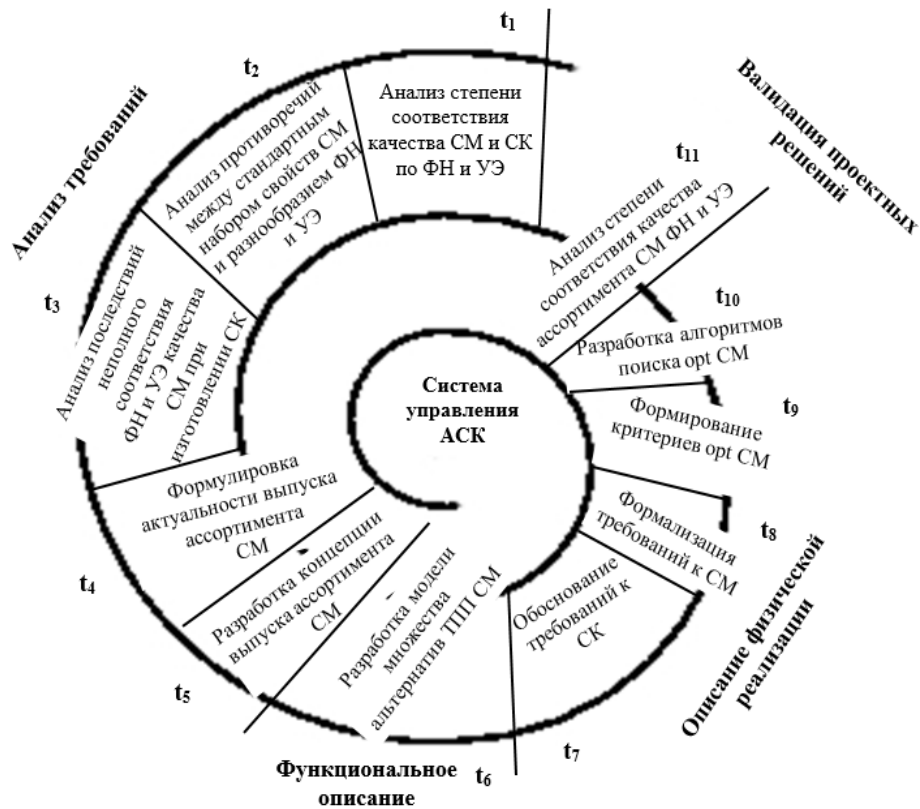


Рисунок 30 – Спиралевидная модель жизненного цикла системы управления характеристиками материалов строительных конструкций

Данная модель представляет собой пошаговый процесс реализации выпуска ассортимента строительных конструкций, характеристики которого должны удовлетворять конкретным эксплуатационным требованиям и функциональному назначению в объектах недвижимости. Для учета и описания особенностей системы управления характеристиками материалов строительных конструкций необходима разработка и представление ее архитектуры.

3.2. Архитектура информационной системы выбора материалов строительных конструкций объектов недвижимости

Информационная система (ИС) выбора характеристик материалов строительных конструкций на основании синтеза методов математического планирования эксперимента и методов комплексного оценивания, основанных на линейной свертке, и учета функционального назначения и условий эксплуатации готовых конструкций в здании позволяет подобрать для изготовления СК соответствующий строительный материал с оптимальным набором эксплуатационных характеристик. Структурная схема подсистемы информационного обеспечения АСК представлена на рисунке 31.

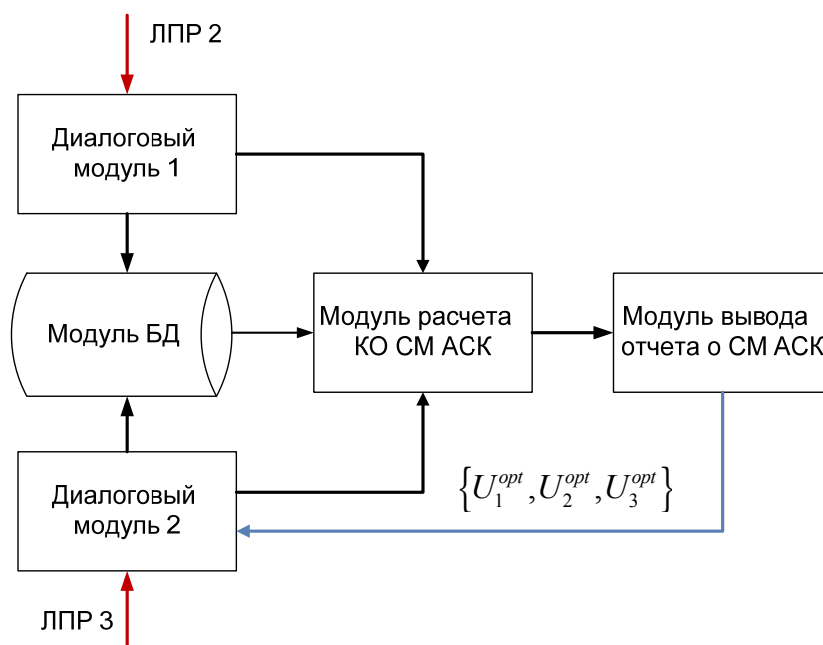


Рисунок 31 – Структурная схема подсистемы информационного обеспечения разработки АСК

Элементами ИС является совокупность персонала заинтересованных лиц подсистем потребителя (ЛПР 1), производителя (ЛПР 2) и системных инженеров (ЛПР 3), технического (аппаратных средств реализации ТПП и контроля качества исходных компонентов смесеобразования), программного и информационного обеспечения [151]. Функционирование информационной системы обеспечивается набором компонентов:

1) программное обеспечение, необходимое для функционирования системы;

2) лингвистическое обеспечение, представляющее собой совокупность языков, используемых в алгоритмах обработки информации. При программировании ИС использованы языки программирования: С++ [151];

3) математическое обеспечение, представляющее собой совокупность математических алгоритмов, используемых для выполнения поставленной перед системой задачи выбора характеристик СМ;

4) информационное обеспечение, включающее в себя всю совокупность информации, на основе которой функционирует информационная система [151]. В состав информационных источников входят данные проведения испытаний образцов тяжелого бетона, системные ограничения на изготовление продукции, критерии оптимизации характеристик, информации о ценообразовании продукции [151].

Для построения ИС выбрана трехзвенная архитектура «клиент-сервер» (рисунок 32), в которой отдельные подсистемы соответствуют ярусам представления, обработки и хранения данных [22, 114]. Такая архитектура обеспечивает сбор, обработку и хранение в структурированном виде данных о возможности выпуска ассортиментных единиц продукции, что достигается благодаря наличию соответствующих программных модулей и базы данных [114].



Рисунок 32 – Архитектура информационной системы выбора характеристик строительных материалов конструкций объектов недвижимости

Прототип информационной системы состоит из ряда функциональных модулей. Для пользователей в системе предусмотрен графический веб-интерфейс, представленный диалоговыми модулями. С помощью данных модулей они вносят

обмениваются необходимой информацией о процессе проектирования и производства ассортимента продукции, а также создают свои модели предпочтений относительно качества продукции на основе учета УЭ и ФН. Данный интерфейс запускается на машине пользователей [114]. Функции диалоговых модулей заключаются в предоставлении необходимого функционала для создания моделей КО альтернативам СМ АСК и запуску необходимых расчетов, а также записи информации об этапах получения ассортимента продукции в БД. Данный модуль включает логику выполнения операций над данными: данные на техническое задание на изготовление ассортиментных единиц продукции, управлении смесеобразованием в рамках ТПП за счет регулирования рецептурными параметрами, генерации управляющих воздействий в виде процедуры ранжирования характеристик продукции [114].

База данных (БД) хранит в структурированном виде данные, необходимые ярусу функциональной логики, и запускается на сервере. Посредством БД хранится необходимая информация, позволяющая реализовать выпуск ассортимента конструкций, главным образом начальные настройки, модели, описывающие экспериментальные зависимости характеристик от параметров смесеобразования, системные ограничения и комплексные критерии качества, соответствующие ТЗ на разработку АСК, тем самым обеспечивая взаимосвязь между всеми компонентами ИС [114].

Функциональную логику образует модуль расчета КО СМ АСК, запускаемый на сервере приложений. В данном модуле основную работу по обработке данных реализует алгоритм поиска альтернатив строительных материалов, имеющих максимальные значения комплексных оценок качественных характеристик в рамках решения многокритериальной задачи выбора. В данном модуле осуществляется построение множества альтернатив СМ, реализуются процедуры ценообразования, посредством обработки данных о системных ограничениях и критериев оптимизации, а также генерации управляющих воздействий [114].

Модуль вывода отчета отображает результаты процедуры выбора альтернатив СМ в виде документа в форматах Word и Excel.

Схема функциональных потоков информационной системы представлена на рисунке 33.

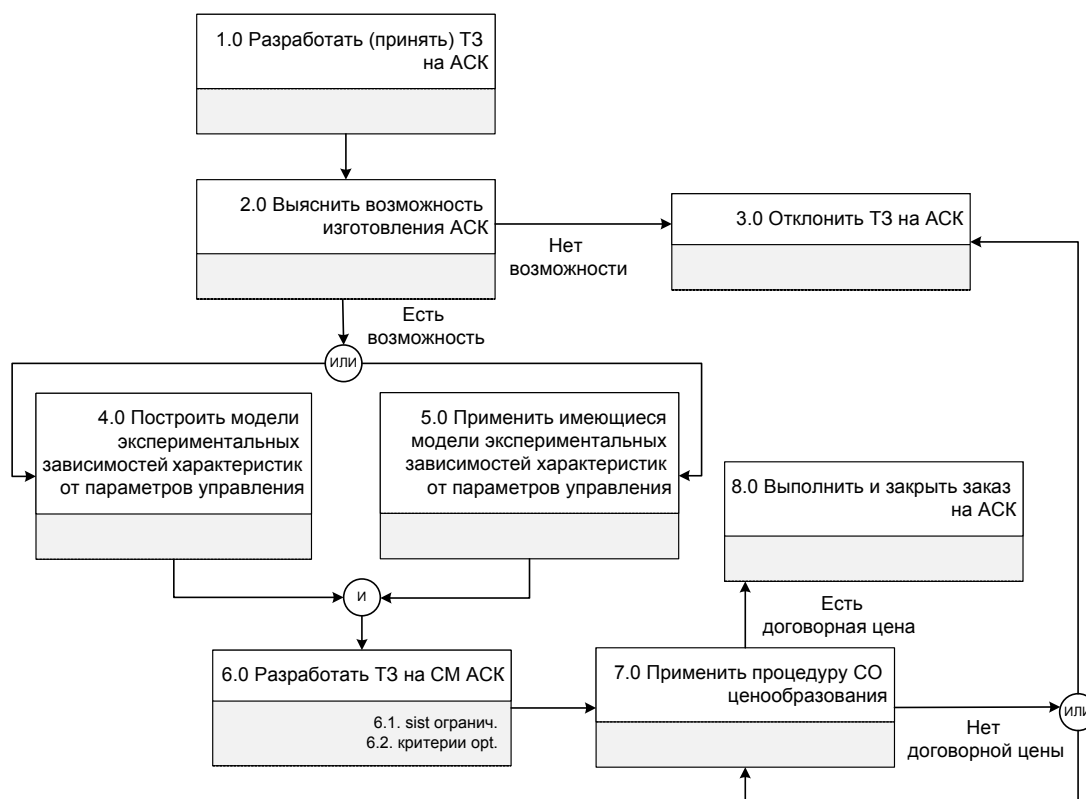


Рисунок 33 – Схема функциональных потоков информационной системы

Описание работы ИС начнем с момента формирования технического задания на ассортимент СК, которое осуществляется проектировщиком (ЛПР 1). Проектировщик при помощи связи по каналу Internet отправляет заявку на ассортимент СК системному инженеру (ЛПР 3). Системный инженер осуществляет перевод требований к характеристикам строительных конструкций в требования к характеристикам строительного материала на основе уточнения более полного ФН и УЭ строительных конструкций в объекте недвижимости. Они включают в себя системные ограничения σ_{sist} на эксплуатационные характеристики СМ и критерий оптимизации $opt \hat{X}$ и $opt \hat{Y}$ требуемых характеристик в соответствии с ФН и УЭ СК в ОН. Одновременно с этим передает информацию производителю СМ и СК (ЛПР 2) о параметрах ТПП СМ, на основе которого осуществляет планирование эксперимента с целью получения функций отклика для характеристик материала. ЛПР 2 осуществляет проведение

испытаний образцов бетона в соответствии с матрицами планирования и заносит полученные данные в ИС.

При помощи инструментального средства обработки статистических данных Statistica (Exel), входящего в состав ИС, получаем уравнения регрессии для всех востребованных характеристик материала. Характеристики материала в данной работе рассматриваются двумя заинтересованными лицами: потребителем и производителем, поэтому на следующем этапе ЛПР 3 строит два набора матриц-массивов $M_y(M_y(i, j)_k, y \in \bar{y};)$ $M_x(M_x(i, j)_k, x \in \bar{x})$, в совокупности представляющих собой альтернативы СМ.

Матрицы-массивы строятся при помощи разработанного на кафедре «Строительный инжиниринг и материаловедение» ПНИПУ универсального программного комплекса «Декон-СМ» [71], позволяющего создавать необходимые модели и инструменты, направленные на учет всех существенных связей «состав – структура – свойства» бетонной смеси и отвечающие требованиям оптимального управления составом многокомпонентного материала [80]. Данный программный продукт был построен на основании синтеза методов математического планирования эксперимента и многокритериального комплексного оценивания качества материала [80]. Главной особенностью представленного программного продукта является возможность построения дихотомического дерева свертки (дерево критериев) [80]. Данная процедура является «произвольной» и позволяет задавать точное количество критериев последовательно, с корректировкой их количества по мере необходимости. Представленный программный продукт имеет функциональную возможность формирования дерева критериев с различным числом характеристик и уровней. Произвольное построение дерева критериев представлено на рисунке 34.

Процесс построения дерева критериев осуществляется в два этапа. На первом этапе задаются характеристики материала, а на втором – матрицы – свертки пары критериев [71].

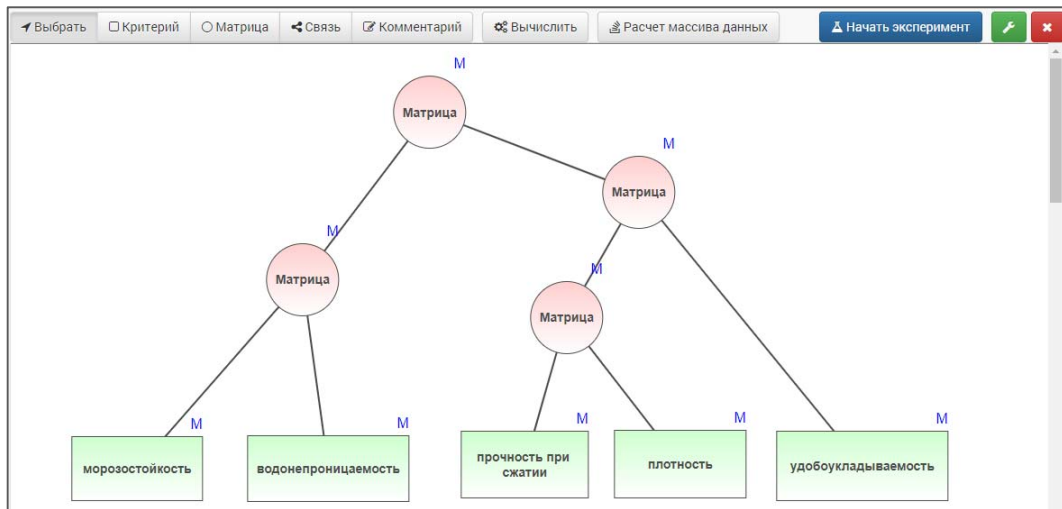


Рисунок 34 – Произвольное построение дерева критериев

Процесс создания матриц-массивов с характеристиками множества альтернатив SM осуществляется на первом этапе построения дерева критериев. В рамках данного подхода в зеленых прямоугольниках создается нужное количество определяемых характеристик исследуемого материала [80]. В нашем случае комплексный критерий качества материала для изделий из тяжелого бетона задан пятью характеристиками: прочностью при сжатии, плотностью, морозостойкостью, водонепроницаемостью, а также удобоукладываемостью смеси. Программный продукт позволяет каждый из критериев качества готового продукта редактировать в отдельном открывающемся окне.

Одной из значимых характеристик для заинтересованных лиц является цена реализации ассортиментных единиц. С целью исключения необоснованного удорожания продукции ЛПР 3 в данной системе осуществляется процедура ценообразования (p^*) на основе предпочтений заинтересованных лиц: ожидаемой нормы прибыли производителем и показателей качества изделия потребителем. ЛПР 1 предоставляет информацию об ожидаемых издержках (RI), а ЛПР 2 об ожидаемой норме прибыли (p_3). Процедура ценообразования строится на базе программного комплекса «Джобс-Декон». Данный инструмент комплексного оценивания объектов на основе иерархических линейных сверток представляет собой следующую последовательность шагов [64]:

1. Выбор значимых (существенных для субъекта) характеристик объекта (на основе базы знаний или самостоятельно) [64].

2. Создание фазово-квалиметрической системы координат для каждой характеристики.

Фазовая координата – ось абсцисс в необходимой размерности и масштабе. Квалиметрическая ось ординат загружается из базы знаний для всех характеристик в виде шкалы [1,4] [64].

3. Поэтапное построение сертификата функции приведения для каждой характеристики объекта:

а) установление функционального соответствия в каждой фазово-квалиметрической системе координат между целочисленными значениями дискретной шкалы ординат и фазовыми значениями на оси абсцисс посредством инструмента «слайдер». Полученный результат есть дискретная форма сертификата функции приведения [64];

б) Построение непрерывной функции приведения на базе дискретного (в том числе согласованного) сертификата (интерполяция) методом отрисовки кривой от руки субъекта посредством визуально-сенсорного инструмента ввода. На кривую накладываются требования субъектно-ориентированной сопряженности с осью абсцисс и гладкости [64].

Формирование иерархического бинарного дерева критериев из установленного набора характеристик объекта методом «сверху вниз». Стандартная процедура для этого метода состоит из двух шагов, которые повторяются до тех пор, пока в одной подгруппе есть две и более характеристики [64]. Иерархические деревья характеристик объекта и коэффициентов свертки представлены на рисунке 35.

Вычисление комплексных оценок объектов: $X_i^{**} = k_i X_{i1} + (1 - K_i) X_{i2}$, ранжирование, выбор наилучшего объекта согласно системе ценностей субъекта принявшей облик моделей [64].

Оба инструментальных средства основаны на методе взвешенных коэффициентов, во взаимодействии могут обеспечить более высокий уровень валидности

[64]. Для этого при решении контрольных задач выбора один из них принимается как средство привязки, а другой как инструмент коррекции, представляющий собой эвристики, полезные для уточнения параметров другой модели [64].

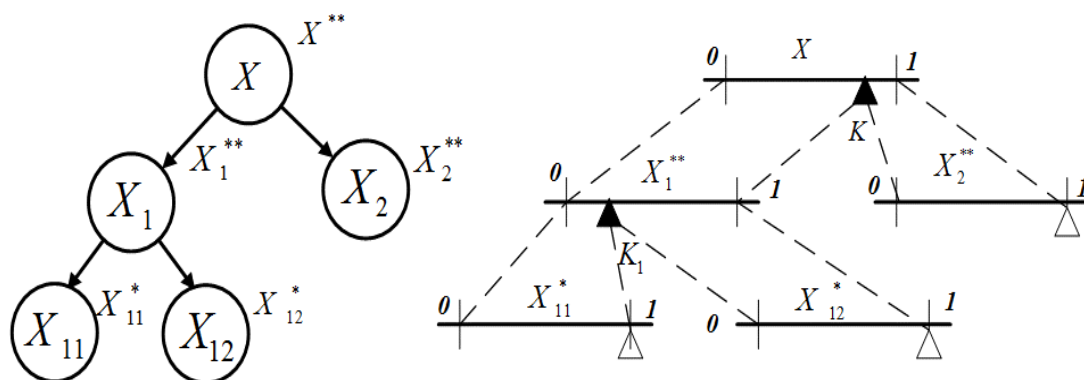


Рисунок 35 – Иерархические деревья характеристик объекта и коэффициентов свертки

После получения множества характеристик альтернатив СМ, представленных матрицами-массивами с постоянным шагом дискретности ячеек на основе системных ограничений σ_{sis} , ЛПР 3 строится новая матрица-массив $M_{XY}(i, j)_k, \sigma_{sis. lim}$ с допустимыми к реализации характеристиками СМ. Затем на базе программного комплекса «Джобс-Декон» на основе критериев оптимизации $opt \hat{X}$ осуществляется выбор альтернатив СМ с оптимальным набором характеристик для каждой ассортиментной единицы в соответствии с ее ФН и УЭ в ОН. В случае получения нескольких альтернатив с максимальными КО процедура выбора строится на основе дополнительного критерия оптимизации $opt \hat{Y}$. В результате чего ЛПР 3 получает данные об оптимальном дозировании компонентов смесеобразования для каждой ассортиментной единицы. Данную информацию он отправляет ЛПР 2, который реализует ее в рамках ТПП.

В качестве основных функций информационной системы выбора характеристик материалов строительных конструкций объектов недвижимости можно выделить следующие:

1) сбор, обработка, регистрация, перечисление и хранение информации о множестве допустимых процессов изготовления АСК ОН;

2) преобразование множества допустимых процессов изготовления ассортимента СК ОН в полное множество комплексных оценок альтернатив СМ для ассортимента СК ОН;

3) постановка и решение задач ранжирования и выбора наилучших характеристик СМ ассортиментных единиц СК ОН на основе применения методов многокритериального выбора;

4) осуществление информационного взаимодействия между подсистемами СУ АСК и ее компонентами: персонал подсистем заинтересованных лиц и компоненты технического и информационного обеспечения ИС.

3.3. Постановка задач выбора ассортиментных единиц строительных конструкций

На начальном этапе осуществляется процедура формирования технического задания на изготовление ассортимента СК с учетом их ФН и УЭ в объекте недвижимости. Процедура расчета конструкций осуществляется в соответствии с известными методиками. В качестве примера опишем пошаговую реализацию расчета железобетонной балки, который, в частности, состоит из нескольких этапов:

1. Определение длины балки.
 2. Предварительное определение ширины и высоты балки и класса (марки) бетона.
 3. Определение опор (балка на двух шарнирных опорах, балка с жестким защемлением на концах, многопролетная балка, консольная балка).
 4. Определение нагрузки на балку.
 5. Определение максимального изгибающего момента, действующего на поперечное сечение балки.
 6. Определение расчетных предпосылок и сечения арматуры.
 7. Проверка прочности по касательным напряжениям.
- Подробный пример расчета перекрытия представлен в 4-й главе.

Затем осуществим процедуру определения количества ассортиментных единиц в соответствии с учетом нагрузок и воздействий, оказывающих влияние на конструкции здания.

Пример формализации основных эксплуатационных требований, предъявляемых к строительным конструкциям в ОН, представлен в таблице 21.

Таблица 21 – Эксплуатационные требования к строительным конструкциям

№ п/п	Эксплуатационные воздействия	Ед. Изм.
1	Динамические нагрузки	кН/см ²
2	Вес изделия	т
3	Звуконепроницаемость	Дб
4	Виброустойчивость	Гц

Количество ассортиментных единиц будет определено в соответствии с количеством существенно отличающихся нагрузок и воздействий на элементы здания. После определения количества ассортиментных единиц необходимо перевести требования к техническим характеристикам конструкций в требования к характеристикам строительных материалов. Обоснование требований к строительным конструкциям, работающим в объекте недвижимости в зависимости от их функционального назначения и условий эксплуатации необходимо осуществлять проектировщику. Затем перед системными инженерами – специалистами по производству строительных материалов ставится задача формализации этих требований уже к характеристикам материалов, предназначенным для изготовления конкретных строительных конструкций. Процесс формализации требований к характеристикам строительных материалов предлагается строить на основе известных подходов к постановке задач многокритериальной оптимизации [107].

Например, пусть дано некое множество характеристик строительного материала X : $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, где n – количество характеристик. Имеются m критериев: $\max f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)$ при $x \in G$, где G – множество допустимых планов x . Примем, что все критерии максимизируются.

В соответствии с первым подходом если лицо, принимающее решение (ЛПР), объявляет какой-то критерий (в данном случае значение характеристики материала) самым важным по содержанию, то остальные игнорируются:

$$f_1(x) \rightarrow \max \text{ при } x \in G.$$

При втором подходе задача многокритериальной оптимизации преобразуется следующим образом: главный критерий максимизируется, а на остальные накладываются ограничения (так урезается множество допустимых значений):

$$f_1(x) \rightarrow \max, x \in G,$$

$$f_2(x) \geq C_2,$$

$$f_3(x) \geq C_3,$$

...

$f_m(x) \geq C_m, C_2, \dots, C_m$ – предельные значения характеристик материала.

Таким образом, необходимо найти такой план, при котором главный критерий максимизируется, но вводятся дополнительные ограничения: остальные критерии должны быть не хуже предельных значений характеристик [97].

Третий подход применим в том случае, когда на практике трудно даже проранжировать локальные критерии [97]. Это может быть из-за того, что локальные критерии объективно равнозначны или ЛПР (иногда объективно, а иногда и в силу некомпетентности) не может определить главный критерий. В этих случаях используется линейная свертка.

Критерии: $\max g_1(x), g_2(x), \dots, g_m(x), x \in G$. Линейная свертка критериев примет

вид
$$\sum_{k=1}^m \lambda_k \frac{g_k(x)}{\max g_k(x)} \rightarrow \max, \text{ где } \lambda_k > 0; \sum_{k=1}^m \lambda_k = 1$$
 – весовые коэффициенты

значимости локальных критериев [97].

На примере выбора материала для изготовления балки перекрытия, руководствуясь основными требованиями к готовому изделию, в вектор выходных характеристик качества готового продукта включим основные показатели качества бетонных изделий: прочность при сжатии $y^{R_{сж}}$, морозостойкость y^F , водонепроницаемость y^W , плотность y^p и удобоукладываемость смеси $y^{ок}$.

Такие характеристики готового изделия, как звукопроводность и теплопроводность, были исключены ввиду того, что они имеют узкие пределы

варьирования параметрами значений характеристик и в основном обладают близкими значениями. Вектор показателя качества изделия имеет вид $\bar{x} = \{R_{\text{сж}}, F, W, \rho, OK\}$. Требования к материалу строительных конструкций представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Требования к материалу строительных конструкций

№ п/п	Прочность, МПа	Плотность, кг/м ³	Морозостойкость, цикл	Прочность на изгиб, МПа	Водонепроницаемость
Ассортиментная единица № 1					
1	$x_1 \rightarrow \max$ $x_1 \geq x_1^{\min}$	–	$x_3 \rightarrow \min$	$x_4 \geq x_4^{\min}$	$x_5 \geq x_5^{\min}$
2	$x_1 \leq x_1^{\max}$	$x_2 \leq x_2^{\max}$	–	–	–
3	$x_1 \rightarrow \max$	$x_2 \leq x_2^{\max}$	–	–	–
4	$x_1 \rightarrow \max$ $x_1 \geq x_1^{\max}$	–	$x_3 \rightarrow \min$ $x_3 \geq x_3^{\min}$	$x_4 \geq x_4^{\min}$	–

Полученные данные служат основой для построения системных ограничений и комплексных критериев качества:

$$\hat{X}(x_1, x_4) = (K_1 x_1 + K_2 x_4 + K_3 x_p) \rightarrow \max, \quad (28)$$

$$x_1^{\min} \geq \max(x_1^{\prime \min}, x_1^{\prime \prime \min}), \quad x_4^{\min} \geq \max(x_4^{\prime \min}, x_4^{\prime \prime \min}), \quad (29)$$

$$x_2^{\max} \leq \min(x_2^{\prime \max}, x_2^{\prime \prime \max}), \quad (30)$$

$$x_3 \geq x_3^{\min}, \quad (31)$$

$$x_5 \geq x_5^{\min}. \quad (32)$$

Выражения (29)–(32) являются основой для формирования системных ограничений при выборе оптимальных составов смеси, совокупность технических характеристик которых имеет максимальную комплексную оценку. На основе этих данных осуществляются усечения областей матриц-массивов СМ, включающих альтернативы СМ с недопустимыми в конкретных условиях эксплуатации готовых изделий характеристиками материала. Требования по оптимизации (28) необходимо представить в виде свертки предпочтений

потребителя для получения комплексных (качественных) оценок по допустимым альтернативам, полученным в результате проведения процедуры усечения.

Производитель привлекается к процедуре выбора лишь в том случае, если в результате усечения недопустимых областей массива и осуществления процедуры свертки предпочтений потребителя получено несколько неразличимых для субъекта выбора альтернатив. В таком случае производитель формирует предпочтения относительно полученных альтернатив на основе своих ожиданий в области субъектно-ориентированной стратегии затрат и выбирает ту, у которой максимальная комплексная оценка.

Рассмотрим на примере процесс выбора оптимальных составов смеси на полном множестве альтернатив СМ для изготовления трех ассортиментных единиц балок перекрытия в соответствии с обоснованными требованиями по ФН и ЭУ для данных конструкций. Известно, что балки перекрытия, предназначенные для объекта жилой недвижимости, в последующем подлежат эксплуатации на первом (№1), третьем (№2) и пятом (№3) этажах. Требования к конструкциям представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Требования к строительным конструкциям

№ п/п	Эксплуатационные воздействия	Ед. изм.	
Плита перекрытия №1			
1	Статические и динамические нагрузки	7,7	кН/см ²
2	Шумы и звуки (ударные и воздушные)	<49	Дцб
3	Температурные перепады	≥F200	циклы
Плита перекрытия №2			
1	Статические и динамические нагрузки	6,8	кН/см ²
2	Шумы и звуки (ударные и воздушные)	<32	Дцб.
3	Температурные перепады	≥F150	циклы
Плита перекрытия №3			
1	Статические и динамические нагрузки	6,2	кН/см ²
2	Шумы и звуки (ударные и воздушные)	<29	Дцб
3	Температурные перепады	≥F200	циклы

Перевод данных требований к характеристикам строительных конструкций в требования к характеристикам строительных материалов, предназначенных для изготовления ассортиментных единиц, представим в таблице 24.

Таблица 24 – Требования к строительным материалам

№ п/п	Прочность, МПа	Плотность, кг/м ³	Морозостойкость, цикл	Водонепроницаемость, коэфф.
Плита перекрытия № 1				
1	$x_1 \rightarrow \max$ $x_1 \geq 30$	$x_2 \rightarrow \min$ $x_2 < 2400$	$x_3 \rightarrow \max$ $x_3 \geq 200$	$x_4 \rightarrow \max$ $x_4 \geq 2$
2	$x_1 \rightarrow \max$			$x_4 \rightarrow \max$
3	$x_1 > 10$			$x_4 \geq 4$
Требования к характеристикам СМ	$x_1 \rightarrow \max$ $x_1^{\max} \geq 30$	$x_2 \leq 2400$	$x_3 \geq 200$	$x_1 \rightarrow \max$ $x_4^{\max} \geq 4$
$x_1^{\max} \geq 30$; $x_2 \leq 2400$; $x_3 \geq 200$; $x_4^{\max} \geq 4$; $\hat{X}_{1,4} = (K_1 x_1 + K_2 x_4 + K_3 x_p) \rightarrow \max$				
Плита перекрытия № 2				
1	$x_1 \rightarrow \max$ $x_1 \geq 25$	$x_2 \rightarrow \min$	$x_3 \rightarrow \max$	$x_4 \rightarrow \min$
2	$x_1 \rightarrow \max$	$x_2 \leq 2400$	$x_3 > 150$	$x_4 \leq 6$
3	$x_1 \geq 10$			
Требования к характеристикам СМ	$x_1 \rightarrow \max$ $x_1^{\max} \geq 25$	$x_2 \leq 2400$	$x_3 > 150$	$x_1 \rightarrow \min$ $x_4^{\min} \leq 6$
$x_1^{\max} \geq 25$; $x_2 < 2400$; $x_3 > 150$; $x_4^{\max} \leq 6$; $\hat{X}_{1,4} = (K_1 x_1 + K_2 x_4 + K_3 x_p) \rightarrow \max$				
Плита перекрытия № 3				
1	$x_1 \rightarrow \max$ $x_1 \geq 25$	$x_2 \rightarrow \min$ $x_2 < 2400$	$x_3 \rightarrow \min$	$x_3 \rightarrow \max$ $x_3 > 2$
2	$x_1 \rightarrow \max$	$x_2 \rightarrow \min$	$x_3 \geq 200$	$x_3 \rightarrow \max$
3	$x_1 > 10$	$x_2 < 2300$		$x_3 \geq 4$
Требования к характеристикам СМ	$x_1 \rightarrow \max$ $x_1^{\max} \geq 25$	$x_2 < 2400$	$x_3 \geq 200$	$x_1 \rightarrow \max$ $x_4^{\max} \geq 4$
$x_1^{\max} \geq 25$; $x_2 < 2400$; $x_3 > 200$; $x_4^{\max} > 4$; $\hat{X}_{1,4} = (K_1 X_1 + K_2 X_4 + K_3 X_p) \rightarrow \max$				

Поиск альтернативы с максимальным значением комплексной оценки среди полного множества всех альтернатив матриц-массивов является сложным, трудоемким ввиду многофакторности и многоальтернативности объектов выбора, поэтому требуется разработка специальных алгоритмов решения многокритериальной задачи выбора [107].

3.4. Разработка функционально-алгоритмической структуры информационной системы выбора

В области системной инженерии и теории принятия решений выделены три основных типа решений: структурированные, слабоструктурированные и неструктурированные. Основные типы принятия решений при разработке информационной системы выбора характеристик строительных материалов представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Основные типы принятия решений при оптимизации ассортимента СМ

Тип решения	Управление выпуском ассортимента СМ	Необходимые технологии
Структурированное	Процедуры анализа и сравнения	Информационные системы
Слабоструктурированное	Адаптивные и специальные процедуры. Эвристики	Системы поддержки принятия решений
Неструктурированное	Интуиция. Эксперимент	Экспертные системы

Структурированные решения характеризуются понятным контекстом и известной сферой действий. Такие решения уже известны и ранее применялись. Слабоструктурированные решения требуют доработки уже известных подходов и методов к решению проблемы ввиду изменения обстоятельств ее возникновения. Неструктурированные решения применимы к сложным, уникальным и немеющим аналогов проблемам. Данные решения применяются впервые.

Для поддержки решений данных типов необходимы технологии разного уровня [132]. В случае структурированных решений неопределенность минимальная и при помощи применения информационных систем можно принять обоснованное решение. Слабоструктурированные решения применимы для анализа информации, ее обобщения из различных источников и обработки с целью выявления тенденций и закономерностей и нуждаются в разработке систем поддержки принятия решений [34, 36, 108, 132]. Для неструктурированных решений требуются специальные технологии. В соответствии с предложенным ассортиментным подходом данные технологии должны сочетать в себе

механизмы поддержки принятия решений [108], возможность учета предпочтений заинтересованных лиц, математические модели [103, 116], процедуры решения задач многокритериальной оптимизации [69, 107].

Процесс управления выбором характеристик строительных материалов конструкций объектов недвижимости представлен сложной информационной системой, состоящей из ряда этапов преобразования исходных данных в промежуточные и конечные результаты, и включает линейные, разветвляющиеся и циклические процедуры. Поэтому представляется целесообразным представить этот процесс в едином укрупненном виде (рисунок 35).

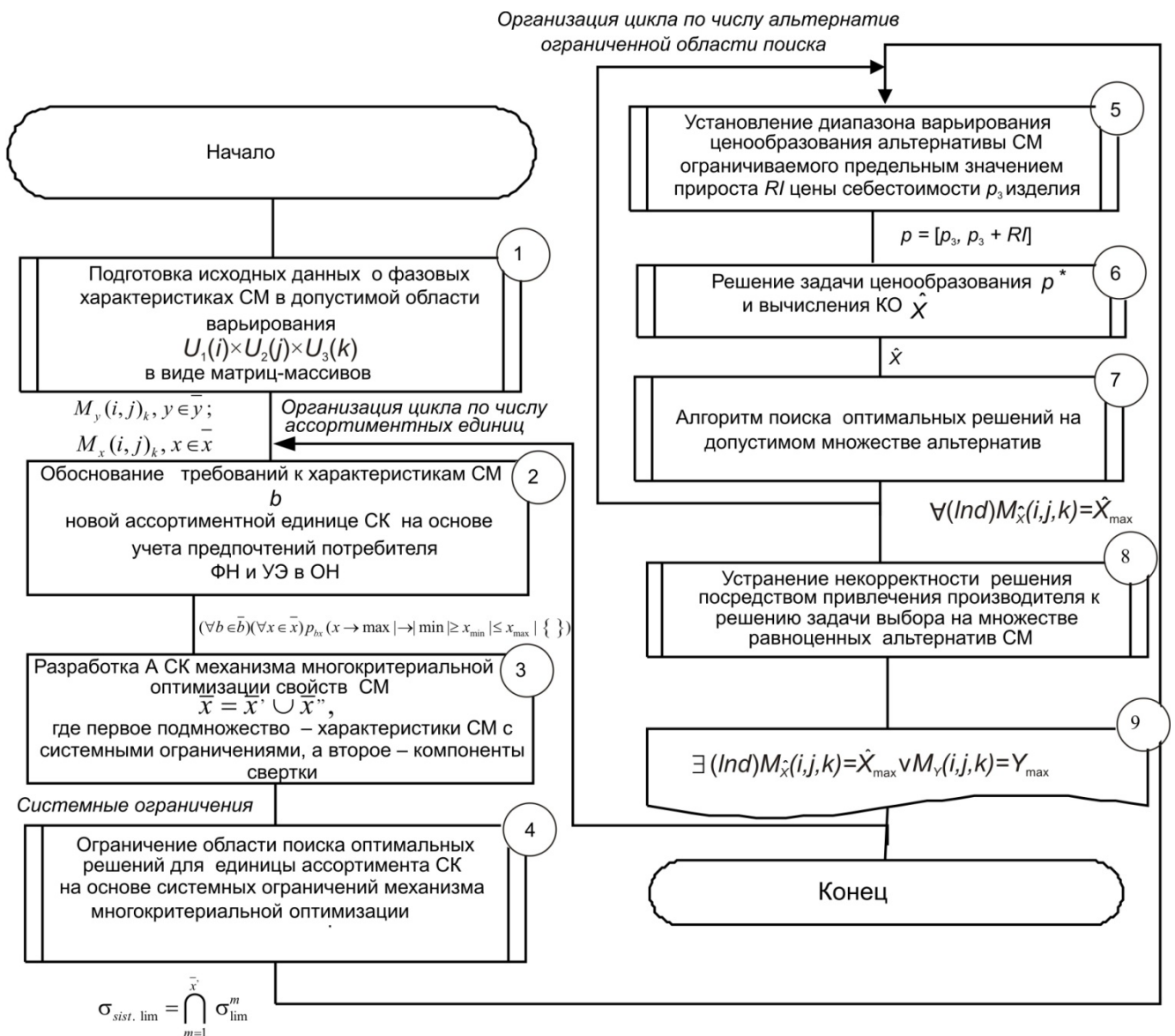


Рисунок 36 – Алгоритм системы управления выбором характеристик строительных материалов

На начальном этапе осуществляется подготовка исходных данных. Данная процедура осуществляется отдельно потребителями и производителями на основе их предпочтений относительно реальных технических свойств СМ. На основе данной информации в допустимой области варьирования параметрами управления $U_1(i) \times U_2(j) \times U_3(k)$ производится математическое планирование эксперимента, результатом которого являются уравнения регрессии характеристик СМ. Уравнения регрессии являются основой построения и заполнения матриц-массивов $(M_y(i, j)_k, y \in \bar{y}; M_x(i, j)_k, x \in \bar{x})$, в совокупности представляющих собой альтернативы СМ.

На втором этапе обосновывается состав ассортимента СМ и СК в соответствии с их ФН и УЭ в ОН. Данный этап подразумевает организацию цикла, равную множеству ассортиментных единиц. Результатом данной процедуры является разработка требований к техническим характеристикам СМ $(\forall b \in \bar{b})(\forall x \in \bar{x}) p_{bx}(x \rightarrow \max | \rightarrow | \min \geq x_{\min} | \leq x_{\max} | \{ \})$.

На третьем этапе разрабатываются механизмы многокритериальной оптимизации свойств производимых СМ для каждой единицы ассортимента СК, отражающих предпочтения заинтересованных лиц. Происходит обоснование требований к СМ в виде системных ограничений $((\forall b \in \bar{b})(\forall x \in \bar{x}) p_{bx}(x \rightarrow \max | \rightarrow | \min \geq x_{\min} | \leq x_{\max} | \{ \}))$.

Четвертый этап включает в себя процедуру ограничения области поиска решений для единицы ассортимента СК на основе системных ограничений. Результатом данной процедуры является массив $M_{xy}(i, j)_k, \sigma_{sis. \lim}$, включающий допустимые к реализации альтернативы СМ:

$$\sigma_{sis. \lim} = \bigcap_{m=1}^{\bar{M}} \sigma_{\lim}^m, \quad (33)$$

где $\sigma_{\lim}^m, m \in \overline{1, M}$ — множество вариантов управления m -й характеристикой СМ, соответствующей допустимым в рамках ассортиментного подхода требованиям в координатах параметров управления $U_1 \cdot U_2$, связанных со смесеобразованием.

Следующий, пятый этап имеет внутреннюю циклическую форму и направлен на получение согласованной цены заинтересованными лицами. На этом этапе происходит установление диапазона варьирования ценообразования СМ, ограничиваемого предельным значением прироста цены от себестоимости изделия $p = [p_3, p_3 + RL]$.

На шестом этапе решается задача ценообразования, результатом которой является значение цены в фазовой системе и КО альтернативе в квазиметрическом пространстве. Данная процедура имеет циклическую форму, равную количеству альтернатив СМ.

Седьмым этапом является построение алгоритма поиска наилучших решений на допустимом множестве альтернатив. В результате применения данного алгоритма мы получим массив $\forall(Ind)M_{\hat{X}}(i, j, k) = \hat{X}_{\max}$, ячейки которого, зависящие от параметров управления $U_1(i) \cdot U_2(j) \cdot U_3(k)$, имеют максимальные значения комплексных оценок. На данном этапе заканчивается процедура внутреннего цикла.

Восьмым этапом является устранение некорректности решения потребителя в том случае, если были получены несколько альтернатив с одинаковыми максимальными комплексными оценками посредством привлечения производителя к решению задачи выбора СМ в соответствии с его предпочтениями. На данном этапе заканчивается процедура поиска наилучшего состава смеси для одной ассортиментной единицы $\exists!(Ind)p(M_{\hat{X}}(i, j, k) = \hat{X}_{\max} \vee M_Y(i, j, k) = Y_{\max})$ и начинается поиск следующей ассортиментной единицы с переходом назад, на второй этап.

Результатом работы ИС является набор составов смеси, являющихся оптимальными для конкретных ассортиментных единиц в соответствии с их УЭ и ФН в ОН.

3.4.1. Алгоритм исследования
альтернативных строительных материалов

Процедура получения множества характеристик альтернатив СМ состоит из ряда поэтапно реализуемых шагов, включающих:

- 1) определение технологии изготовления изделия;
- 2) определение факторов управления изготовлением СМ (U_1, U_2, U_3) и установление зависимостей свойств от рецептурно-технологических параметров, проведение математического планирования эксперимента и построение уравнений регрессии для востребованных характеристик материала. Реализация данных процедур возможна в программном комплексе Statistica [19];
- 3) построение двух наборов матриц-массивов $M_x(i, j)_k; x \in \bar{x}$ и $M_y(i, j)_k; y \in \bar{y}$ с установлением постоянного шага дискретности между ячейками и заполнением характеристиками материала на основе полученных УР с позиции предпочтений заинтересованных лиц: потребителя и производителя, имеющих различное представление о привлекательности конечного продукта. Построение матриц-массивов предлагается строить в программном продукте «Декон-СМ» [71].
- 4) перевод физических значений характеристик материала из фазового пространства в безразмерное квалиметрическое с помощью построения на основе предпочтений заинтересованных лиц функций приведения (ФП) к стандартной шкале комплексного оценивания – к интервалу [1, 4], дискретные значения которого интерпретируется следующим образом: 1 – «неудовлетворительно», 2 – «удовлетворительно», 3 – «хорошо», 4 – «отлично» [6].
- 5) процедура субъектно-ориентированного ценообразования [6] на основе моделирования предпочтений заинтересованных лиц в отношении ожидаемой нормы прибыли производителем и показателей качества изделия потребителем. Построение ФП и процедура ценообразования возможны в программном продукте «Джобс-Декон».

Реализация 1–5 шагов представлена в виде алгоритма программы на рисунке 37 и состоит из последовательных операций, позволяющих получить модель

описания множества характеристик альтернатив СМ, на котором в дальнейшем будут осуществляться процедура поиска наилучших альтернатив СМ с набором характеристик, максимально соответствующим конкретным УЭ и ФН СК в ОН, и анализ эффективности полученных вариантов выпуска продукции по комплексному критерию качества и базовой согласованной цены.

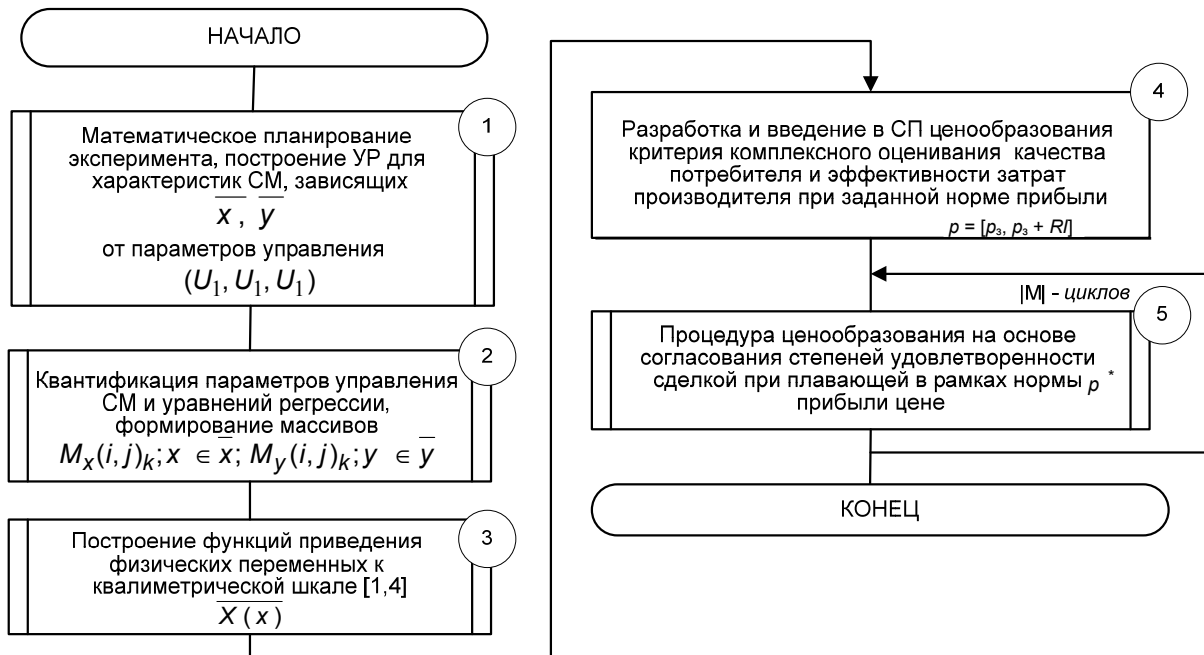


Рисунок 37 – Алгоритм исследования альтернативных строительных материалов

3.4.2. Алгоритм поиска альтернатив строительных материалов в рамках решения многокритериальной задачи выбора

Поиск СМ, технические характеристики которых имеют максимальные значения КО, необходимо осуществлять на основе симбиоза аналитических методов [91, 119], методов многокритериальной оптимизации [107], системной инженерии и компьютерного моделирования [92, 98]. Для этого необходима разработка алгоритма поиска альтернатив строительных материалов, предназначенных для изготовления конструкций объектов недвижимости на основе поставленных в ТЗ задач многокритериальной оптимизации их характеристик. Данный алгоритм позволяет осуществлять выбор из множества альтернатив управления дозировкой компонентов ограниченно заданного

количества вариантов рецептуры, которые обеспечат оптимальное значение комплексной оценки качества изделия на основе предъявляемых требований к будущему изделию по функциональному назначению и условиям эксплуатации, а также дает возможность определить наиболее привлекательную альтернативу с экономической и производственной точек зрения [50, 52].

В основе алгоритма лежит механизм комплексного оценивания «Джобс-Декон», представляющий собой инструмент оценки объектов на основе иерархических линейных сверток. Алгоритм поиска оптимальной альтернативы СМ в рамках решения многокритериальной задачи оптимизации представлен на рисунке 38.

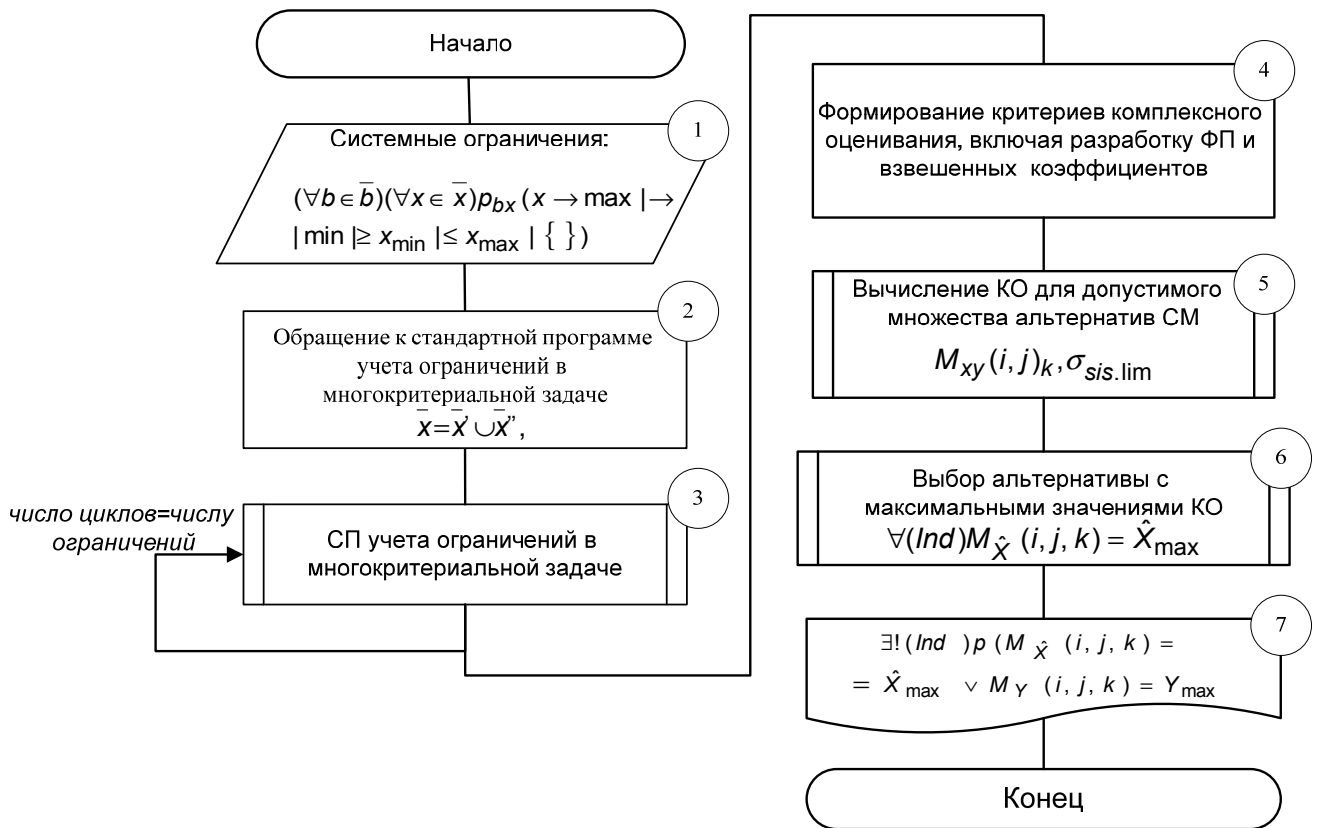


Рисунок 38 –Алгоритм поиска альтернатив СМ в рамках решения многокритериальной задачи выбора

Работа алгоритма начинается с выявления системных ограничений к характеристикам материала. Данные о системных ограничениях и их количестве поступают из ТЗ на АСМ. Затем при помощи стандартных программ (рисунок 40) осуществляется циклическая процедура усечения всех недопустимых областей

матриц-массивов, заполненных характеристиками СМ, представляющими интерес, создается новая матрица-массив с допустимыми к реализации альтернативами СМ.

На рисунке 39 представлен процесс усечения недопустимых вариантов выпуска СМ на матрице-массиве $M_x(i, j)_k, x_i \in \bar{x}$; по заданной изопрямой $x_{пр}^*$.

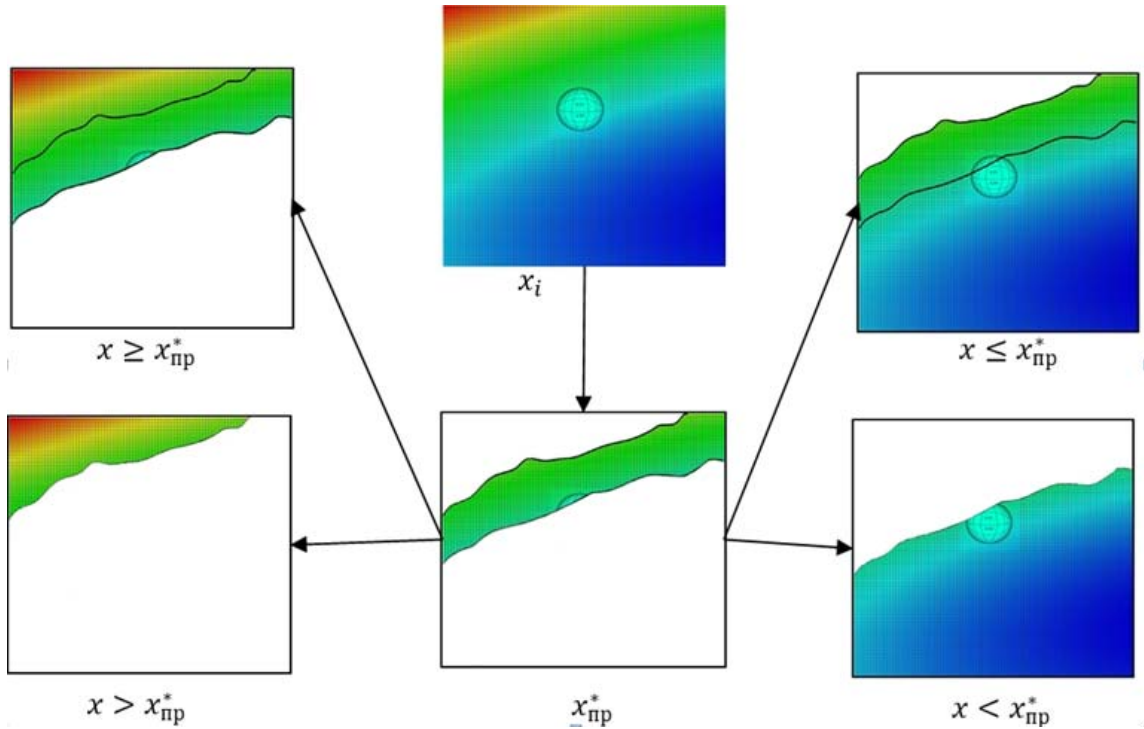


Рисунок 39 – Процесс усечения недопустимых альтернатив СМ по заданной изопрямой

На втором этапе сформируем новый массив $M_{XY}(i, j)_k \sigma_{sist. lim}$, содержащий альтернативы выпуска СМ, технические характеристики которых соответствуют заданным требованиям по ограничению.

Процесс получения допустимых альтернатив СМ индивидуален для каждого конкретного случая, и его необходимо осуществлять на основе применения стандартных программ усечения. Пример алгоритма программы « $x_1 > x_1^*$ » усечения массива $M_{\hat{x}}(i, j)_k$ с выставкой признака z в области, соответствующей ограничению на значения ячеек $b := x_1$ в массиве $M_{b_1}(i, j)_k, x_1 \in \bar{x}$ в виде отношения $x_1 < x_1^*$, на рисунке 40.

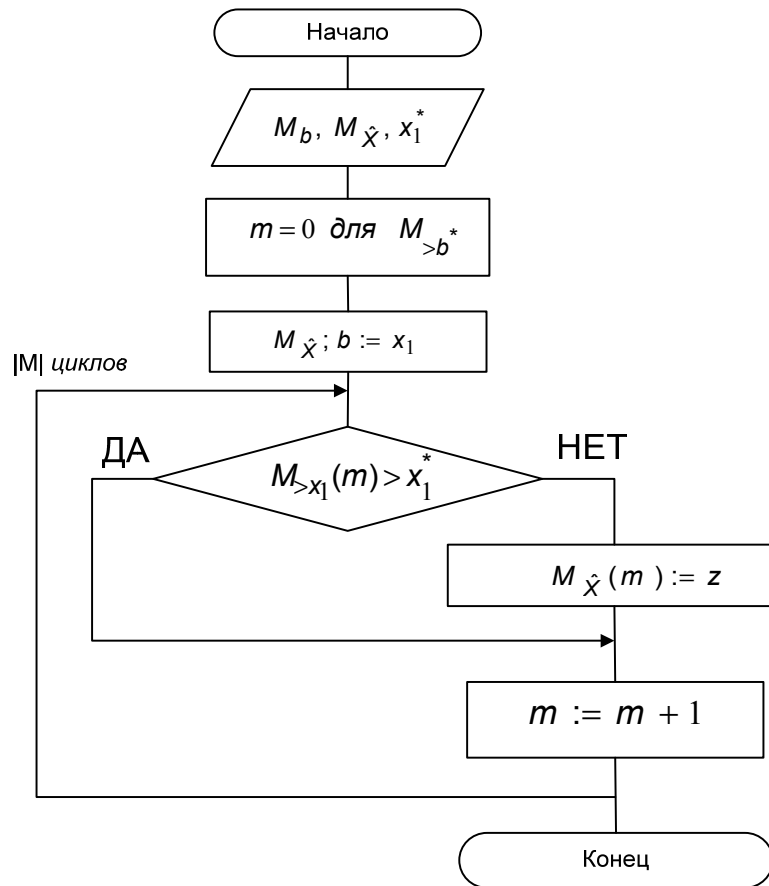


Рисунок 40 – Алгоритм стандартной программы « $x_1 > x_1^*$ » усеечения массива $M_{\hat{x}}$ выставкой признака z ($z = 0$) в области, соответствующей ограничению на значения ячеек в массиве M_{x_1} в виде $x_1 > x_1^*$

После получения множества допустимых к реализации в ТПП альтернатив СМ осуществляется процедура построения ФП потребителем и производится вычисление их КО. В результате применения данного алгоритма мы получаем одну или набор из нескольких альтернатив, имеющих максимальные комплексные оценки. В случае получения нескольких альтернатив, имеющих одинаковые комплексные оценки, некорректность выбора устраняется за счет привлечения к решению задачи производителя и выбора им наиболее экономически и технически выгодного состава смеси, или же задача выбора решается без учета предпочтений производителя, наилучший результат назначается автоматически по признаку максимизации или минимизации адресации ячеек.

3.5. Модельный пример решения задачи выбора ассортимента единиц строительных конструкций

На примере требований к строительным конструкциям, представленных ТЗ в таблице 29, и формализации этих требований в требования к строительным материалам, представленные в таблице 30, подробно рассмотрим процедуру выбора состава смеси для изготовления балки перекрытия № 1.

На первом этапе осуществим процедуру усечения множества альтернатив СМ матриц-массивов, полученных во 2-й главе, по заданным системным ограничениям. Системные ограничения к характеристикам материала имеют следующее представление: $x_1^{\max} \geq 30$; $x_2 \leq 2400$; $x_3 \geq 200$; $x_4^{\max} \geq 4$. Процесс усечения недопустимых областей матриц-массивов с характеристиками СМ, интересующих потребителя, $M_x(i, j)_k, x \in \bar{x}$, осуществим методом присвоения признака z ($z = 0$) всем областям матриц (ячейкам i, j, k), не удовлетворяющим заданным требованиям по ограничению.

Для удобства вычислений зададим на матрицах-массивах потребителя $M_x(i, j)_k, x \in \bar{x}$ и производителя $M_y(i, j)_k, y \in \bar{y}$ шаг дискретности характеристик $20 \cdot 20$. Матрицы-массивы с характеристиками, представляющими интерес для потребителя, включают такие характеристики материала, как прочность на сжатие x_1 ($R_{сж}$), плотность x_2 (ρ), морозостойкость x_3 (F), водонепроницаемость x_4 (W). Матрицы-массивы производителя представлены такими характеристиками, как затраты на исходные компоненты (затраты на сырье, руб.) – y_1 и затраты на производственные издержки (руб.) – y_2 .

Процедура усечения по заданным требованиям проводится первоначально на матрицах-массивах, заполненных представляющими интерес для потребителя характеристиками $M_x(i, j)_k, x \in \bar{x}$ с шагом дискретности $20 \cdot 20$, а именно: $M_{x_1}(i, j)_k, x_1 \in \bar{x}$ – морозостойкость, $M_{x_2}(i, j)_k, x_2 \in \bar{x}$ – прочность на сжатие, $M_{x_3}(i, j)_k, x_3 \in \bar{x}$ – водонепроницаемость и $M_{x_4}(i, j)_k, x_4 \in \bar{x}$ – плотность.

Таблица 28 – Процесс усечения матрицы-массива ($M_{x_3}(i, j)_k, x_3 \in \bar{x}$)

$U_2 \backslash U_1$	0.4	0.42	0.44	0.46	0.48	0.5	0.52	0.54	0.56	0.58	0.6	0.62	0.64	0.66	0.68	0.7	0.72	0.74	0.76	0.78
0.43	11.66	11.45	11.25	11.05	10.86	10.66	10.48	10.29	10.12	9.94	9.77	9.60	9.44	9.28	9.13	8.98	8.83	8.69	8.56	8.42
0.45	11.00	10.80	10.60	10.41	10.22	10.03	9.85	9.67	9.49	9.32	9.16	9.00	8.84	8.69	8.54	8.39	8.25	8.12	7.98	7.86
0.46	10.38	10.18	9.99	9.80	9.61	9.43	9.25	9.08	8.91	8.74	8.58	8.43	8.28	8.13	7.98	7.84	7.71	7.58	7.45	7.32
0.48	9.79	9.60	9.41	9.22	9.04	8.87	8.69	8.53	8.36	8.20	8.05	7.89	7.75	7.60	7.46	7.33	7.20	7.07	6.95	6.83
0.5	9.24	9.05	8.87	8.69	8.51	8.34	8.17	8.01	7.85	7.69	7.54	7.39	7.25	7.11	6.98	6.85	6.72	6.60	6.48	6.37
0.52	8.72	8.54	8.36	8.18	8.01	7.85	7.68	7.52	7.37	7.22	7.07	6.93	6.79	6.66	6.53	6.41	6.28	6.17	6.05	
0.53	8.24	8.06	7.89	7.72	7.55	7.39	7.23	7.08	6.93	6.78	6.64	6.51	6.37	6.24	6.12					
0.55	7.80	7.62	7.45	7.29	7.13	6.97	6.82	6.67	6.52	6.38	6.25	6.11								
0.57	7.39	7.22	7.05	6.89	6.74	6.58	6.44	6.29	6.15	6.02										
0.58	7.01	6.85	6.69	6.53	6.38	6.24	6.09													
0.6	6.68	6.52	6.36	6.21	6.07															
0.62	6.37	6.22	6.07																	
0.64	6.11																			
0.65																				
0.67																				
0.69																				
0.7																				
0.72																				
0.74																				
0.76																				

Таблица 29 – Процесс усечения матрицы-массива ($M_{x_4}(i, j)_k, x_4 \in \bar{x}$)

$U_2 \backslash U_1$	0.4	0.42	0.44	0.46	0.48	0.5	0.52	0.54	0.56	0.58	0.6	0.62	0.64	0.66	0.68	0.7	0.72	0.74	0.76	0.78
0.43																				
0.45																				
0.46																				
0.48																				
0.5															2450	2450	2450	2450		
0.52														2450	2446	2443	2441	2440	2439	2440
0.53													2450	2445	2441	2438	2435	2434	2433	2433
0.55												2450	2444	2439	2435	2432	2429	2427	2426	2426
0.57												2444	2438	2433	2429	2425	2422	2420	2419	2418
0.58										2445	2438	2431	2426	2421	2417	2414	2412	2410	2410	2410
0.6									2446	2438	2431	2424	2418	2413	2409	2406	2403	2401	2400	2400
0.62								2448	2439	2430	2423	2416	2410	2405	2400	2397	2394	2391	2390	2390
0.64							2450	2440	2431	2422	2414	2407	2401	2395	2391	2387	2384	2381	2380	2380
0.65							2442	2431	2422	2413	2405	2397	2391	2385	2380	2376	2373	2370	2368	2368
0.67						2444	2433	2422	2412	2403	2395	2387	2380	2374	2369	2365	2361	2358	2356	2356
0.69					2447	2435	2423	2412	2402	2393	2384	2376	2369	2363	2357	2353	2349	2346	2343	2343
0.7					2438	2425	2413	2402	2391	2382	2373	2365	2357	2351	2345	2340	2336	2333	2330	2330
0.72				2441	2427	2414	2402	2390	2380	2370	2361	2352	2345	2338	2332	2327	2322	2319	2316	2316
0.74			2445	2430	2416	2402	2390	2378	2367	2357	2348	2339	2331	2324	2318	2313	2308	2304	2301	2301
0.76		2449	2433	2418	2404	2390	2376	2366	2354	2344	2334	2325	2317	2310	2304	2298	2293	2289	2285	2285

Затем построим новый массив $M_X(i, j)_k \sigma_{sist. \lim}^X$, включающий в себя все допустимые альтернативы. На данном массиве будем осуществлять процедуру выбора альтернативы СМ с требуемыми в рамках ТЗ параметрами характеристик материала. В результате проведения процедуры усечения мы получили три альтернативы СМ (см. таблица 30).

Таблица 30 – Массив области альтернатив с оптимальным набором характеристик материала для ассортиментной единицы № 1

$\frac{U_2}{U_1}$	0.4	0.42	0.44	0.46	0.48	0.5	0.52	0.54	0.56	0.58	0.6	0.62	0.64	0.66	0.68	0.7	0.72	0.74	0.76	0.78	
0.43																					
0.45																					
0.46																					
0.48																			1	2	
0.5																					3
0.52																					
0.53																					
0.55																					
0.57																					
0.58																					
0.6																					
0.62																					
0.64																					
0.65																					
0.67																					
0.69																					
0.7																					
0.72																					
0.74																					
0.76																					

На следующем этапе на матрицах-массивах с характеристиками, представляющими интерес для производителя, $M_y(i, j)_k$, $y \in \bar{y} : M_{y_1}(i, j)_k$, $y_1 \in \bar{y}$ – затраты на исходные компоненты (руб.), $M_{y_2}(i, j)_k$, $y_2 \in \bar{y}$ – производственные издержки (руб.), определяем допустимые к реализации альтернативы СМ в соответствии с результатами процедуры усечения матриц-массивов с характеристиками, представляющими интерес для потребителя (таблицы 31, 32).

Таблица 31 – Процесс усечения матрицы-массива $M_{y_1}(i, j)_k$, $y_1 \in \bar{y}$

$\frac{U_2}{U_1}$	0.4	0.42	0.44	0.46	0.48	0.5	0.52	0.54	0.56	0.58	0.6	0.62	0.64	0.66	0.68	0.7	0.72	0.74	0.76	0.78
0.43	3558	3547	3528	3490	3468	3244	3136	3074	3069	3056	3002	2987	2879	2869	2825	2791	2699	2632	2593	2562
0.45	3553	3542	3522	3484	3462	3236	3127	3062	3056	3042	2989	2971	2864	2802	2794	2760	2667	2601	2568	2533
0.46	3548	3537	3516	3478	3456	3228	3118	3050	3043	3028	2976	2955	2849	2779	2763	2729	2635	2570	2531	2504
0.48	3543	3532	3510	3472	3450	3220	3109	3038	3030	3014	2963	2939	2834	2765	2732	2698	2603	2539	2524	2475
0.5	3538	3527	3504	3466	3444	3212	3100	3026	3017	3000	2950	2923	2819	2660	2701	2667	2571	2508	2512	2446
0.52	3533	3522	3498	3460	3438	3204	3091	3014	3004	2986	2937	2907	2804	2702	2670	2636	2539	2477	2510	2417
0.53	3528	3517	3492	3454	3432	3196	3082	3002	2991	2972	2924	2891	2789	2688	2639	2605	2507	2446	2506	2388
0.55	3523	3512	3486	3448	3426	3188	3073	2990	2978	2958	2911	2875	2774	2524	2608	2574	2475	2415	2502	2359
0.57	3518	3507	3480	3442	3420	3180	3064	2978	2965	2944	2898	2859	2759	2503	2577	2543	2443	2384	2473	2330
0.58	3513	3502	3474	3436	3414	3172	3055	2966	2952	2930	2885	2843	2744	2495	2546	2512	2411	2353	2444	2301
0.6	3508	3497	3468	3430	3408	3164	3046	2954	2939	2916	2872	2827	2729	2441	2515	2481	2379	2322	2415	2272
0.62	3503	3492	3462	3424	3402	3156	3037	2942	2926	2902	2859	2811	2714	2384	2484	2450	2347	2291	2386	2243
0.64	3498	3487	3456	3418	3396	3148	3028	2930	2913	2888	2846	2795	2699	2371	2453	2419	2315	2260	2357	2214
0.65	3493	3482	3450	3412	3390	3140	3019	2918	2900	2874	2833	2779	2684	2369	2422	2388	2283	2229	2328	2185
0.67	3488	3477	3444	3406	3384	3132	3010	2906	2887	2860	2820	2763	2669	2348	2391	2357	2251	2198	2299	2156
0.69	3483	3472	3438	3400	3378	3124	3001	2894	2874	2846	2807	2747	2654	2346	2360	2326	2219	2167	2270	2127
0.7	3478	3467	3432	3394	3372	3116	2992	2882	2861	2832	2794	2731	2639	2312	2329	2295	2187	2136	2241	2098
0.72	3473	3462	3426	3388	3366	3108	2983	2870	2848	2818	2781	2715	2624	2275	2298	2264	2155	2105	2212	2069
0.74	3468	3457	3420	3382	3360	3100	2974	2858	2835	2804	2768	2699	2609	2268	2267	2233	2123	2074	2183	2040
0.76	3463	3452	3414	3376	3354	3092	2965	2846	2822	2790	2755	2683	2594	2253	2236	2202	2091	2043	2154	2011

Таблица 32 – Процесс усечения матрицы-массива $M_{y_2}(i, j)_k, y_2 \in \bar{y}$

$\frac{U_2}{U_1}$	0.4	0.42	0.44	0.46	0.48	0.5	0.52	0.54	0.56	0.58	0.6	0.62	0.64	0.66	0.68	0.7	0.72	0.74	0.76	0.78
0.43	4491	4483	4465	4423	4399	4137	4010	3937	3929	3911	3844	3821	3690	3671	3612	3564	3446	3358	3301	3253
0.45	4467	4459	4440	4399	4375	4111	3984	3907	3898	3879	3814	3788	3657	3578	3562	3514	3396	3308	3259	3206
0.46	4444	4436	4416	4375	4352	4085	3957	3877	3868	3848	3784	3755	3625	3537	3512	3465	3345	3259	3203	3159
0.48	4422	4414	4393	4353	4329	4061	3932	3848	3838	3817	3754	3723	3595	3508	3463	3415	3296	3211	3183	3113
0.5	4400	4393	4371	4331	4308	4038	3907	3820	3810	3788	3726	3691	3564	3373	3415	3367	3246	3163	46294	3069
0.52	4379	4373	4349	4309	4287	4014	3883	3793	3781	3758	3699	3661	3535	3410	3366	3319	3198	3116	3145	3025
0.53	4359	4353	4328	4289	4266	3992	3860	3766	3753	3730	3672	3630	3506	3382	3319	3273	3150	3069	3131	2981
0.55	4340	4333	4308	4269	4247	3969	3836	3740	3727	3702	3645	3600	3477	3180	3273	3227	3102	3024	3117	2938
0.57	4321	4314	4288	4249	4228	3949	3815	3715	3701	3675	3619	3571	3450	3145	3227	3181	3056	2979	3074	2896
0.58	4302	4296	4270	4231	4209	3929	3793	3691	3674	3649	3595	3542	3423	3127	3182	3136	3010	2934	3032	2855
0.6	4284	4279	4251	4213	4192	3908	3773	3667	3650	3623	3569	3516	3398	3056	3137	3091	2966	2891	2991	2814
0.62	4267	4262	4234	4195	4175	3889	3752	3644	3626	3598	3546	3488	3372	2981	3094	3048	2921	2847	2951	2774
0.64	4251	4246	4217	4178	4158	3870	3734	3621	3602	3573	3523	3462	3346	2958	3051	3006	2878	2805	2911	2734
0.65	4235	4232	4201	4162	4143	3853	3715	3598	3579	3549	3501	3436	3323	2950	3008	2963	2834	2764	2872	2696
0.67	4221	4217	4185	4147	4128	3836	3696	3577	3557	3526	3479	3412	3299	2919	2966	2922	2791	2723	2834	2658
0.69	4207	4203	4170	4132	4112	3819	3679	3556	3536	3504	3458	3387	3277	2912	2925	2881	2750	2683	2796	2620
0.7	4193	4189	4156	4118	4099	3804	3662	3537	3515	3482	3438	3364	3254	2868	2885	2841	2708	2642	2759	2584
0.72	4180	4177	4143	4105	4086	3789	3647	3517	3494	3461	3419	3340	3232	2821	2845	2802	2669	2604	2723	2548
0.74	4168	4164	4130	4093	4073	3774	3631	3499	3475	3441	3399	3318	3212	2809	2806	2762	2629	2566	2688	2512
0.76	4156	4153	4118	4081	4062	3761	3617	3481	3456	3421	3381	3297	3192	2790	2768	2724	2590	2528	2653	2477

Основные характеристики материала альтернатив СМ получены в результате усечения матриц-массивов по системным ограничениям, в соответствии с требованиями к ассортиментной единице № 1, представлены в таблице 33. На представленном множестве полученных альтернатив выбираем вариант изготовления состава смеси, характеристики которого являются оптимальными в рамках дальнейшего ФН и УЭ изготавливаемого из него изделия. Процедура выбора будет строиться на основе решения задачи многокритериального выбора в отношении заданных свойств СМ $\hat{X}_{1,4} = (K_1 X_1(x_1) + K_2 X_4(x_4) + K_3 X_p(x_p)) \rightarrow \max$.

Таблица 33 – Основные характеристики материала допустимых альтернатив СМ

Номер альтернативы СМ	Характеристики потребителя				Характеристики производителя	
	Прочность при сжатии, МПа	Плотность, кг·с/см ³	Морозостойкость, циклы	Водонепроницаемость, коэф.	Затраты на компоненты, руб.	Производственные издержки, руб.
1	30	2450	245	6	2524	3183
2	30	2450	256	6	2475	3113
3	30	2445	242	6	2446	3069

Решим задачу выбора требуемых характеристик материала: $\hat{X}_{1,4} = (K_1 x_1 + K_2 x_4 + K_3 x_p) \rightarrow \max$ и определим наилучшую альтернативу по комплексному критерию качества. В программном продукте «Джобс-Декон»

потребителем и производителем были построены функции приведения в соответствии с требованиями по эксплуатации и применению готового изделия при проведении процедуры ценообразования. Функции приведения представлены в приложении для всех характеристик материала (приложение Д). Они строятся индивидуально, на основе предпочтений конкретного субъекта в отношении качества готового изделия и его дальнейшей эксплуатации. Теперь в этой же программе поочередно осуществляется процедура ранжирования в соответствии с задачей выбора $\hat{X}_{1,4} = (K_1x_1 + K_2x_4 + K_3x_p) \rightarrow \max$ и определяются взвешенные коэффициенты (рисунок 41).

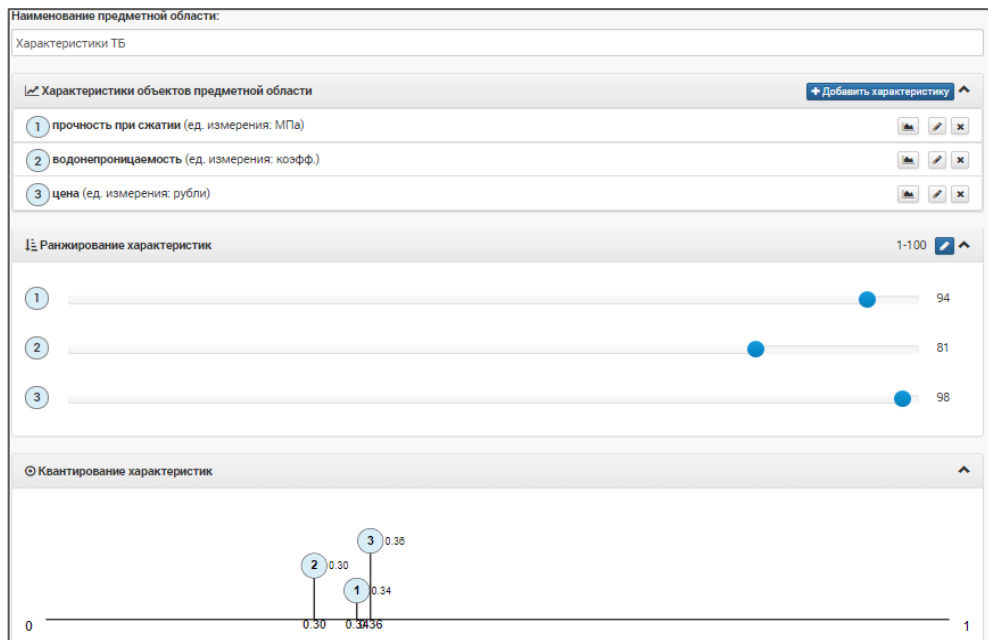


Рисунок 41 – Процедура ранжирования и определения взвешенных коэффициентов потребителем

После проведения процедуры ранжирования получим следующую модель предпочтений для потребителя:

$$\hat{X} = 0,34 X_1(x_1) + 0,30 X_4(x_4) + 0,36 X_p(x_p), \quad (34)$$

где X_1, X_4, X_p – значение сертификата оптимизируемых характеристик материала, в данном случае x_1 – прочность при сжатии, МПа; x_4 – коэффициент водонепроницаемости; x_p – цена, руб.

Ценовой диапазон для данных альтернатив был определен ранее. Привлекательность выпуска альтернатив СМ оценивалась на основе пошагового увеличения нормы прибыли от 0 до 60 % от себестоимости изделия для каждого участника ценообразования. Данная процедура необходима для получения композиций моделей предпочтений заинтересованных лиц. Данные, позволяющие получить композиции моделей предпочтений заинтересованных лиц, представлены в таблице 34. Пример осуществления процедуры ценообразования для заданных альтернатив ассортиментной единицы № 1 представлен на рисунке 42.

Таблица 34 – Предпочтения потребителя и производителя для осуществления процедуры ценообразования для заданных альтернатив

X	X_1	\hat{X}		Y	Y_1	\hat{Y}
Альтернатива № 1						
5700	4	4		5700	1	2,06
6270	4	4		6270	1,5	2,28
6840	4	4		6840	2	2,5
7410	3,3	3,75		7410	2,5	2,69
7980	2,8	3,47		7980	2,8	2,86
8550	1,9	3,19		8550	3,1	3,10
9120	1	2,87		9120	4	3,38
Альтернатива № 2						
5588	4	4		5588	1	2,03
6147	4	4		6147	1,5	2,25
6706	4	4		6706	2	2,47
7264	3,3	3,75		7264	2,5	2,65
7823	2,8	3,47		7823	2,8	2,83
8382	1,9	3,19		8382	3,1	3,06
8941	1	2,87		8941	4	3,34
Альтернатива № 3						
5515	4	3,81		5515	1	2
1103	4	3,81		6067	1,5	2,22
1655	4	3,81		6618	2	2,44
2206	3,3	3,55		7170	2,5	2,62
2758	2,8	3,27		7721	2,8	2,79
3309	1,9	2,99		8273	3,1	3,03
3861	1	2,66		8824	4	3,31

В том случае, если на ценовом диапазоне с увеличением нормы прибыли от 0 до 60 % получения согласованной цены не было, процедура согласования цены автоматически осуществлялась на более высоком уровне, увеличение нормы прибыли (от 70 % и выше). Или же, в случае получения отрицательных

комплексных оценок или непересечения кривых спроса и предложения, не началась вовсе, данная альтернатива автоматически переставала рассматриваться в задаче выбора.

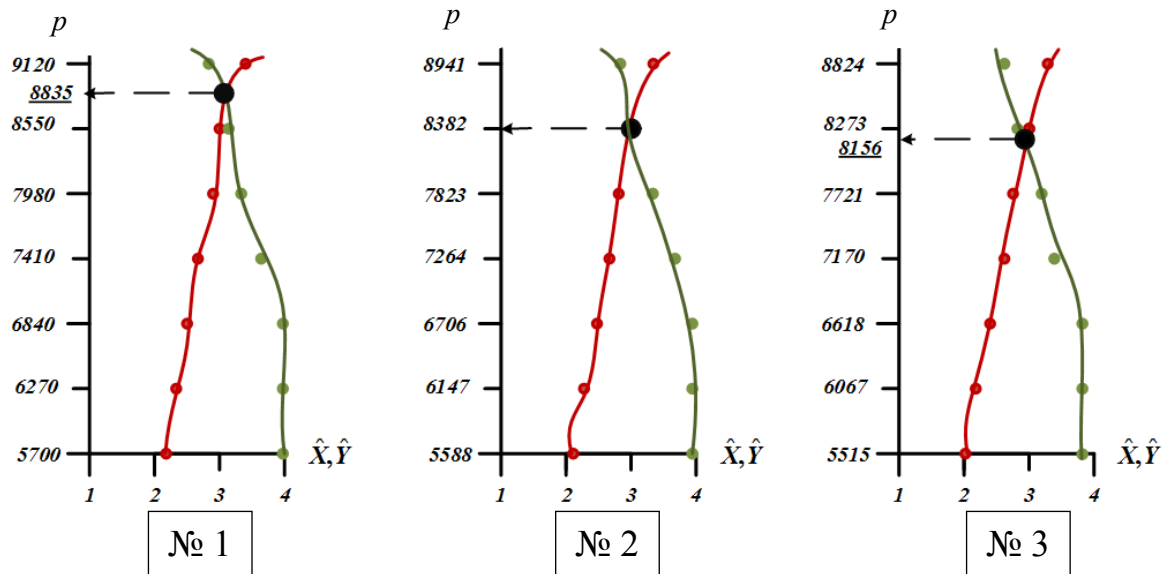


Рисунок 42 – Согласованная цена для альтернатив № 1, 2, 3

В данном случае согласованная цена строительного материала для изготовления ассортимента балок перекрытия под № 1 составила 8835 руб., № 2 – 8382 руб., № 3 – 8156 руб.

После получения цены за каждую альтернативу СМ необходимо осуществить процедуры комплексного оценивания полученных альтернатив потребителем. Процедура комплексного оценивания альтернатив представлена скриншотом программы (рисунок 43). После процедуры комплексного оценивания выяснилось, что наибольшую комплексную оценку, равную 3,05 и интерпретируемую как «хорошо», в данном случае имеет альтернатива под № 2.

В случае невозможности определения оптимальной альтернативы потребителем ввиду получения одинаковых комплексных оценок у нескольких альтернатив СМ процесс ее назначения осуществляется на основе предпочтений производителя или автоматически.

Производитель на основе построения функций приведения, осуществления процедуры ранжирования и определения взвешенных коэффициентов определяет

наилучшую альтернативу по комплексной оценке. Процедура комплексного оценивания альтернатив СМ производителем представлена на рисунке 44.

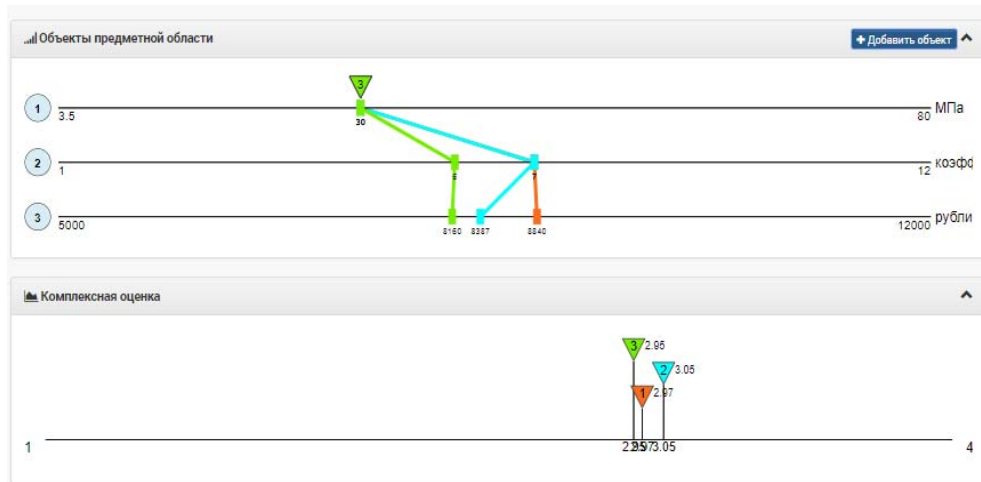


Рисунок 43 – Комплексное оценивание альтернатив потребителем

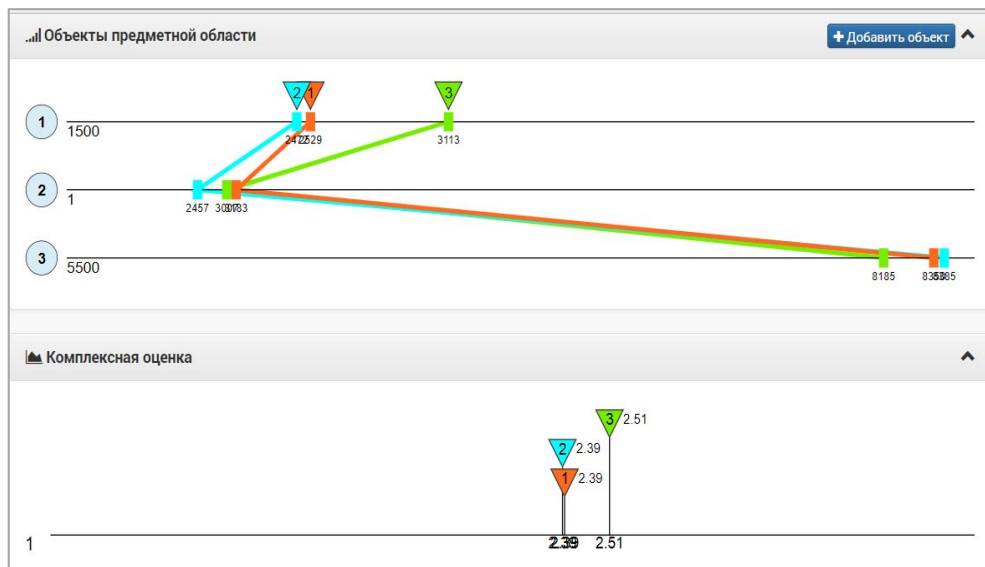


Рисунок 44 – Процедура комплексного оценивания альтернатив СМ производителем

Предпочтения производителя могут быть представлены следующим образом:

$$\hat{Y} = 0,25 Y_1(y_1) + 0,32 Y_2(y_2) + 0,43 Y_3(y_p) , \quad (35)$$

где Y_1, Y_2, Y_p – значение сертификата оптимизируемых характеристик материала, в данном случае y_1 – затраты на исходное сырье, руб.; y_2 – производственные издержки; y_p – цена, руб.

На рисунке 44 представлен скриншот программы «Джобс-Декон», показывающий процедуру комплексного оценивания альтернатив СМ на модели предпочтений производителя.

Аналогичная процедура проводится с целью выбора оптимальных альтернатив СМ для изготовления ассортиментных единиц плит перекрытия № 2 и 3.

Требования по ограничению на строительные материалы для производства ассортиментной единицы № 2: $x_1^{\max} \geq 25$; $x_2 < 2400$; $x_3 > 150$; $x_4^{\max} \leq 6$.

Требования к оптимизации заданных характеристик ассортиментной единицы № 2 $\hat{X}_{1,4} = (K_1x_1 + K_2x_4 + K_3x_p) \rightarrow \max$.

В результате наложения системных ограничений на характеристики материала, представленные множеством альтернатив матриц-массивов с размерностью ячеек 20×20 , получим допустимые к реализации в производстве варианты строительного материала (таблица 35) со следующими значениями характеристик (таблица 35).

Таблица 35 – Массив области альтернатив с оптимальным набором характеристик материала для ассортиментной единицы № 2

$\frac{U_2}{U_1}$	0.4	0.42	0.44	0.46	0.48	0.5	0.52	0.54	0.56	0.58	0.6	0.62	0.64	0.66	0.68	0.7	0.72	0.74	0.76	0.78	
0.43																					
0.45																					
0.46																					
0.48																					
0.5																					
0.52																					12
0.53																	4	6	9		13
0.55														1	2	3	5	7	10		14
0.57																		8	11		15
0.58																					16
0.6																					
0.62																					
0.64																					
0.65																					
0.67																					
0.69																					
0.7																					
0.72																					
0.74																					
0.76																					

Таблица 36 – Основные характеристики материала допустимых альтернатив для ассортиментной единицы № 2

Номер альтернативы СМ	Характеристики потребителя				Характеристики производителя		Цена, руб.	КО
	Прочность при сжатии, МПа	Плотность, кг·с/см ³	Морозостойкость, циклы	Водопроницаемость, МПа	Затраты на компоненты, руб.	Производственные издержки, руб.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	25,6	2439	153	5,9	2774	3180	8038	2,46
2	25,5	2435	160	5,7	2524	3273	7710	2,52

Окончание табл. 36

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	25,6	2432	167	5,6	2608	3227	7761	2,5
4	26,6	2435	186	5,9	2605	3150	8345	2,48
5	25,8	2429	175	5,5	2574	3102	7719	2,52
6	27,0	2434	195	5,8	2507	3069	8252	2,45
7	26,2	2427	184	5,4	2475	3024	7974	2,43
8	25,3	2420	173	5,0	2443	2979	7970	2,4
9	27,7	2433	205	5,7	2446	3131	8645	2,39
10	26,8	2429	193	5,3	2415	3117	7745	2,54
11	25,9	2419	182	5,0	2384	3074	8023	2,43
12	29,0	2440	228	6,0	2510	3025	9188	2.26
13	28,3	2433	215	5,7	2506	2981	8505	2,43
14	27,5	2426	203	5,2	2502	2938	8486	2.41
15	26,6	2418	192	4,9	2473	2896	8215	2.42
16	25,7	2410	181	4,6	2444	2855	8266	2,39

В результате процедуры комплексного оценивания на модели предпочтений потребителя (см. рисунок 44) наибольшую комплексную оценку имеет альтернатива №10. Соответственно, состав смеси, представленный в ячейке № 10 в матрице-массиве, является наилучшим для изготовления плиты перекрытия № 2.

Требования по ограничению на строительные материалы для производства ассортиментной единицы плит перекрытия № 3: $x_1^{\max} \geq 25$; $x_2 < 2440$; $x_3 \geq 200$; $x_4^{\max} \geq 4$.

Требования по выбору качественных характеристик ассортиментной единицы № 3: $\hat{X}_{1,4} = (K_1x_1 + K_2x_4 + K_3x_p) \rightarrow \max$.

В результате наложения ограничений на характеристики материала, представленные множеством альтернатив матрицах-массивов с размерностью ячеек 20×20 , получим допустимые варианты строительного материала (таблица 37) со следующими значениями характеристик (таблица 38).

В результате процедуры комплексного оценивания на модели предпочтений потребителя получим, что наибольшую комплексную оценку имеет альтернатива под №1. Комплексная оценка равна 2,52 и интерпретируется как «удовлетворительно». Привлечения производителя к решению задачи выбора не требуется, так как имеем одну альтернативу. В случае неудовлетворения результатами

комплексного оценивания производителю и потребителю предлагается пересмотреть цены за единицу продукции.

Таблица 37 – Массив, включающий альтернативы с допустимым набором характеристик материала для изготовления ассортиментной единицы плит перекрытия № 3

$\frac{U_2}{U_1}$	0.4	0.42	0.44	0.46	0.48	0.5	0.52	0.54	0.56	0.58	0.6	0.62	0.64	0.66	0.68	0.7	0.72	0.74	0.76	0.78	
0.43																					
0.45																					
0.46																					
0.48																					
0.5																					
0.52																		1	2	4	
0.53																			3	5	
0.55																				6	
0.57																					
0.58																					
0.6																					
0.62																					
0.64																					
0.65																					
0.67																					
0.69																					
0.7																					
0.72																					
0.74																					
0.76																					

Таблица 38 – Основные характеристики материала допустимых альтернатив для ассортиментной единицы № 3

Номер альтернативы СМ	Характеристики потребителя				Характеристики производителя		Цена, руб.	КО
	Прочность при сжатии, МПа	Плотность, кг·с/см ³	Морозостойкость, циклы	Водонепроницаемость, коэф.	Затраты на компоненты, руб.	Производственные издержки, руб.		
1	28	2440	207	6	2477	3116	7998	2,52
2	28	2439	218	6	2510	3145	8143	2,49
3	28	2433	205	6	2506	3131	8645	2,39
4	29	2440	229	6	2417	3025	9188	2,26
5	28	2433	216	6	2388	2981	8505	2,43
6	28	2426	203	5	2359	2938	8486	2,4

В результате реализации представленного управления ассортиментом строительных конструкций появляется возможность учета функционального назначения и условий эксплуатации конструктивных элементов в объекте недвижимости, что способствует рациональному использованию исходных компонентов и выбору оптимального набора эксплуатационных характеристик СК.

Следует отметить, что для выбора ассортимента в рамках одного объекта недвижимости рассматривалось 20 вариантов состава смеси, допустимого к применению. На основе построения моделей предпочтений заинтересованных лиц были получены три варианта оптимальных составов. Это позволило в среднем сэкономить потребителю от 1000 до 500 рублей за единицу продукции. А производителю изготовить конструкцию при наименьших производственных затратах.

ВЫВОДЫ ПО ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ

1. Представлена система управления проектированием и производством ассортимента строительных конструкций, включающая в себя три подсистемы: подсистему потребителя (заказчика), подсистему информационного обеспечения разработки АСК, подсистему производителя СК. Подсистемы потребителя и производителя взаимосвязаны и имеют слабую структурированность. Введение подсистемы информационного обеспечения разработки АСК, представленной информационной системой (ИС) выбора характеристик материалов строительных конструкций, направлено на укрепление структурных связей между данными подсистемами за счет устранения бессистемности во взаимодействии и применении навыков персоналом при получении продукции с ожидаемыми эксплуатационными показателями.

2. Жизненный цикл системы выбора характеристик материалов строительных конструкций представлен спиралевидной моделью, включающей анализ требований, функциональное описание, описание физической реализации и валидацию проектных решений. Разработана трехзвенная архитектура информационной системы (ИС) выбора, элементами которой являются совокупность персонала заинтересованных лиц подсистем потребителя (ЛПР 1), производителя (ЛПР 2) и системных инженеров (ЛПР 3), технического (аппаратных средств реализации ТПП и контроля качества исходных компонентов смесеобразования), программного и информационного обеспечения. Данная модель представляет пошаговый процесс реализации выпуска ассортимента строительных конструк-

ций, характеристики которого должны удовлетворять конкретным условиям эксплуатации и функциональному назначению в объектах недвижимости.

3. Разработаны технологии математической постановки задач производства материалов ассортимента строительных конструкций, отличающиеся повышением степени структурированности связей между подсистемами на основе учета функционального назначения и условий эксплуатации строительных конструкций, что проявляется на этапах обоснования требований к строительным конструкциям, а затем к строительным материалам с последующей формализацией в виде комплексных критериев качества и системных ограничений.

4. Разработаны модели и алгоритмы информационной системы выбора, включающие алгоритм исследования альтернативных строительных материалов и алгоритм поиска. Алгоритм исследования *отличается* построением наборов матриц-массивов, элементами которых могут быть физические, квалиметрические и комплексные оценки качественных характеристик готовой продукции, полученные на основе процедуры согласования интересов потребителя и производителя в отношении свойств изделий при ценообразовании. При помощи алгоритма на основе системных ограничений и комплексных критериев качества, осуществляется выбор из множества вариантов управления дозировкой сырьевых компонентов ограниченно заданного количества рецептур смесеобразования, качественные параметры которых имеют максимальные значения комплексной оценки.

5. На основе предложенных моделей и алгоритмов решен модельный пример задачи выбора строительного материала для ассортиментных единиц строительных конструкций. Из 20 вариантов составов смеси, являющихся допустимыми к применению, на основе построения моделей комплексных критериев качества с позиции заинтересованных лиц были получены три варианта составов смеси с максимальными значениями комплексных оценок.

4. АПРОБАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ВЫБОРА ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

4.1. Анализ опыта эксплуатации строительных конструкций, изготовленных из строительных материалов, выбранных на основе принципа унификации

Ассортиментный подход является новым подходом к выбору строительных материалов для изготовления конструкций объектов недвижимости. Целесообразность его применения в современном строительстве подтверждается результатами детального (инструментального) обследования конструкций перекрытия над подвалом здания МАОУ «Средняя общеобразовательная школа № 32 им. Г.А. Сборщикова», расположенного по ул. Советской, 102а в Ленинском районе г. Перми. Выбор строительных материалов для конструкций данного объекта осуществлялся на основе принципа унификации.

Обследовались следующие строительные конструкции здания: плиты перекрытия над подвалом, ригели перекрытия над подвалом. Причиной проведения детального (инструментального) обследования перекрытия над подвалом является его неудовлетворительное техническое состояние, выявленное в ходе визуального обследования. Следует отметить, что строительные конструкции, входящие в состав конструктивных элементов здания, подверглись преждевременному разрушению лишь над подвалом здания. Перекрытия, располагающиеся над этажами выше (1, 2 и 3-м), на момент обследования полностью соответствовали нормативному техническому состоянию.

Целями детального (инструментального) обследования являются:

- оценка технического состояния перекрытия над подвалом и определение возможности дальнейшей безопасной эксплуатации данного перекрытия;
- составление списка рекомендаций по восстановлению и замене повреждённых строительных конструкций.

Детальное (инструментальное) обследование строительных конструкций здания выполнено в соответствии с требованиями и рекомендациями действу-

ющих технических регламентов и нормативных документов, с использованием современных методик по проведению обследования.

Общая характеристика объекта исследования

Район расположения объекта обследования – Пермский край, г. Пермь – относится к 1-му климатическому району, подрайону «В», согласно СП 131.13330.2012 «Строительная климатология», и характеризуется следующими расчетными данными:

- расчетная зимняя температура наружного воздуха: температура наиболее холодной пятидневки $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$, наиболее холодных суток $-39\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- снеговой район – V. Вес снегового покрова 320 кг/м^2 ;
- ветровой район – I. Нормативное значение ветрового давления – 23 кг/м^2 .
- коэффициент, зависящий от стратификации атмосферы, $A=160$;
- средняя максимальная температура наружного воздуха наиболее жаркого месяца года $+24,5\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- средняя температура наружного воздуха наиболее холодного месяца года $16,4\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- среднегодовая повторяемость, % ветра по направлениям, %: С – 10; СВ – 6; В – 6; ЮВ – 14; Ю – 22; ЮЗ – 19; З – 13; СЗ – 10; штиль – 14.
- скорость ветра U (средняя по многолетним данным), вероятность превышения которой составляет 5 %, м/с.

Здание построено в 1977 г., в плане прямоугольной конфигурации, трехэтажное, с подвалом. Габариты здания в осях «1-12/А-Л» составляют $66,0\times 42,0$ м соответственно. Высота от уровня планировки до конька составляет порядка 9,9 м. Высота этажа порядка 3,0 м. На момент обследования здание используется по назначению: средняя общеобразовательная школа.

Методика проведения обследования. Состав работ

На основании технического задания, требований ГОСТ Р 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния», а также сформулированных выше целей обследования разработана

программа работ, в которой отражена методика, уточнены объемы, детальность и виды работ по обследованию строительных конструкций здания.

Техническое состояние обследуемых строительных конструкций здания определено исходя из оценок соответствия конструкций эксплуатационным качествам двух групп (гл. 1, 3).

Поставленные цели достигнуты путем проведения сплошного инструментального обследования строительных конструкций здания. Объем и состав работ соответствует техническому заданию, содержание которого включает следующие работы:

1. Предварительный осмотр здания.
2. Обследование строительных конструкций здания (железобетонное перекрытие, ригели перекрытия над подвалом).
 - 2.1. Визуальный осмотр здания и внутренних помещений, определение объемно-планировочного решения, основных конструктивных элементов и конструктивной схемы здания. Фотофиксация обследуемых конструкций.
 - 2.2. Техническое освидетельствование строительных конструкций с выявлением видимых дефектов и повреждений по внешним признакам.
 - 2.3. Фиксация видимых дефектов и повреждений конструкций.
 - 2.4. Вскрытия строительных конструкций.
3. Проведение испытания по определению прочностных характеристик бетона обследуемых строительных конструкций механическим методом неразрушающего контроля.
4. Анализ причин появления дефектов и повреждений строительных конструкций.
5. Оценка технического состояния обследуемых строительных конструкций здания.
6. Разработка рекомендаций по дальнейшей безопасной эксплуатации обследуемых строительных конструкций здания или их замене.

Анализ дефектов и повреждений, выявленных в ходе обследования

Рассмотрим дефекты и повреждения, выявленные при проведении детального (инструментального) обследования перекрытия над подвалом, представленного системой железобетонных ригелей длиной 3 и 6 м, с уложенными на них многопустотными плитами перекрытия с габаритными размерами 1,2×6,0; 1,2×5,8; 1,2×3,8 м.

Обследование перекрытия производилось путем осмотра и фотофиксации, а также измерения основных геометрических параметров дефектов и повреждений, вскрытий и определения прочности материалов.

В ходе обследования была определена прочность бетонных плит перекрытия и ригелей каркаса здания механическим методом неразрушающего контроля при помощи склерометра Beton control за № 11096, который соответствует классу В20. Протокол определения прочности бетона представлен на рисунке 45.

3	Протокол										
4	определения прочности бетона										
5	<u>Место проведения испытания:</u>										
6	МАОУ «Средняя общеобразовательная школа №32 им. Г.А. Сборщикова»,										
7	расположенного по ул. Советская, 102а в Ленинском районе г. Перми.										
8	<u>Характеристика метода:</u>										
9	Прочность бетона на сжатие определялась склерометром методом упругого отскока										
10	по ГОСТ 22690-2015 "БЕТОНЫ. Определение прочности механическими методами"										
11	неразрушающего контроля".										
12	<u>Характеристика прибора:</u>										
13	Испытания проводились при помощи прибора склерометра "Beton control" за №11096										
14	Проверка высоты отскока бойка склерометра проведена перед испытаниями и										
15	соответствует сертификату о калибровке №9 от 14.09.2017- 60.0.										
16	<u>Результаты испытания:</u>										
17		Направление удара склерометра					Среднее	$R_{сж}$	$V_{ул}$	Класс	Примечание
18	№.	и величина отскока					значение	кГс/см ²		бетона	
19	Плита надподвального перекрытия										
20	C1	↑	39	39	36	40	39	38,3	312	23,8	В20
21	C2	↑	38	41	39	40	39	39,4	319	24,4	В20
22	C3	↑	38	39	38	40	38	38,6	317	24,2	В20
26	Ригели										
27	C1	⇒	38	40	39	40	37	38,8	321	24,5	В20
28	C2	⇒	40	39	38	40	38	39,0	324	24,8	В20
41											
42	<u>Заключение:</u>										
43	Прочность тяжелого бетона на сжатие соответствует классу :										
51	для плит перекрытия - В20;										
52	для ригелей - В20										
53										Дата испытания:	29.09.2017
54											

Рисунок 45 – Протокол определения прочности бетонных плит при помощи склерометра Beton control за № 11096

В ходе обследования ригелей были выявлены следующие дефекты и повреждения (рисунок 46):

- поперечные трещины в нижней части ригеля шириной раскрытия до 0,3 мм;
- поперечная трещина в боковой части ригеля шириной раскрытия до 0,5 мм, длиной до 0,3 м;
- продольная трещина в боковой части ригеля шириной раскрытия до 0,5 мм, длиной до 5,3 м;
- продольная трещина в нижней грани ригеля, шириной раскрытия до 0,5 мм, длиной до 5,9 м.
- разрушение защитного слоя бетона боковой части полки ригеля, коррозия рабочей арматуры ригеля, потеря сечения до 7 %, коррозия конструктивной арматуры с потерей сечения до 100 %;
- разрушение защитного слоя бетона, коррозия хомутов в боковой части полки ригеля;
- разрушение защитного слоя бетона, коррозия конструктивной арматуры ригеля (в продольном и поперечном направлении);
- коррозия закладных деталей ригеля;
- сколы защитного слоя бетона ригелей (повсеместно).



Рисунок 46 – Дефекты и повреждения ригеля

В ходе обследования плит перекрытия над подвалом были выявлены следующие дефекты и повреждения (рисунок 47):

- коррозия продольной (рабочей) арматуры плит перекрытия;
- коррозия поперечной арматуры плит перекрытия;
- коррозия арматуры плиты перекрытия до 50 %;
- отверстие в плите перекрытия диаметром до 500 мм.
- разрушение опорной части плиты.



Рисунок 47 – Коррозия рабочей арматуры на 100 % сечения и сквозные отверстия в перекрытии

Одной из причин образования продольных и поперечных трещин в боковой и нижней части ригеля является коррозия рабочей и конструктивной арматуры ригелей перекрытия. Однако в процессе проведения обследования было выполнено вскрытие данных трещины (продольные поперечные на боковой и нижней гранях ригеля), в результате установлено, что причиной образования такого рода трещин является не только коррозия арматуры. Наиболее вероятной причиной образования трещин различного характера в конструкции ригелей каркаса здания является низкая прочность бетона. В результате нарушения технологии выполнения ригелей в наружных поверхностях бетона могут скапливаться значительные напряжения, которые в результате и могут провоцировать образование трещин.

Причиной разрушения защитного слоя бетона рабочей и конструктивной арматуры является ее коррозия. Наиболее вероятной причиной образования коррозии арматуры ригелей каркаса является нарушение температурно-влажностного

режима помещений подвала в результате недостаточного проветривания, а также в результате расположения в помещении инженерных сетей.

Наиболее вероятной причиной коррозии рабочей и конструктивной арматуры перекрытия и как следствие разрушения защитного слоя бетона также является нарушение температурно-влажностного режима помещений подвала.

Техническое состояние ригелей каркаса перекрытия над подвалом оценивается как ограниченно-работоспособное. Техническое состояние плит перекрытия над подвалом оценивается как аварийное.

В соответствии с ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» существуют следующие категории технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений:

Нормативное техническое состояние – категория технического состояния, при котором количественные и качественные значения параметров всех критериев оценки технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений, включая состояние грунтов основания, соответствуют установленным в проектной документации значениям с учетом пределов их изменения [83].

Работоспособное состояние – категория технического состояния, при которой некоторые из численно оцениваемых контролируемых параметров не отвечают требованиям проекта или норм, но имеющиеся нарушения требований в конкретных условиях эксплуатации не приводят к нарушению работоспособности, и обеспечивается необходимая несущая способность конструкций и грунтов основания, с учетом влияния имеющихся дефектов и повреждений [83].

Ограниченно работоспособное состояние – категория технического состояния конструкций или здания и сооружения в целом [83], включая состояние грунтов основания, при которой имеются крены, дефекты и повреждения, приведшие к снижению несущей способности, но отсутствует опасность внезапного разрушения, потери устойчивости или опрокидывания, и функционирование конструкции и эксплуатация здания или сооружения возможны либо при контроле (мониторинг) ее состояния, либо при проведении необходимых мероприятий по восстановлению или усилению конструкции и (или) грунтов основания и последующем мониторинге технического состояния [83].

Аварийное состояние – категория технического состояния строительной конструкции или здания и сооружения в целом, включая состояние грунтов основания, характеризующаяся повреждениями и деформациями, свидетельствующими об исчерпании несущей способности и опасности обрушения, и (или) кренами, которые могут вызвать потерю устойчивости объекта [83].

Общая оценка категории технического состояния определена по наиболее «тяжелому» состоянию конструктивного элемента, определяющего надежность и безопасность здания.

Для дальнейшей безопасной эксплуатации здания по назначению необходимо выполнить следующие рекомендации.

Выполнить ремонт поврежденных плит перекрытия и ригелей; начать рекомендуется со следующих плит и ригелей: П45, П48, П71, П128, П130, П169, П170, П172, П199, П200, П212, П247, П253; Р52, Р57, Р63. Выполнить затирку трещин, не имеющих следов коррозии арматуры, на поверхности ригелей перекрытия с предварительной разделкой кромок. Затирку производить специальным ремонтным составом для внутренних работ. Осуществить замену плит перекрытия П 245 и П 280. Восстановить разрушенный защитный слой бетона специальным безусадочным составом для внутренних работ. Закладные детали со следами коррозии очистить от продуктов коррозии и покрыть специальным защитным составом. Очистить поверхность арматуры в местах проходки инженерных сетей от продуктов коррозии, покрыть защитным составом и замонолитить мелкозернистым бетоном. Восстановить разрушенные опорные части железобетонных плит перекрытия. Освободить закрытые продухи в цокольной части фасадов здания.

4.2. Применение информационной системы при выборе характеристик материала для плит перекрытия

В соответствии с рекомендациями технического обследования необходимо осуществить замену плиты перекрытия П 245 и П 280. В ходе обследования была определена прочность бетонных плит перекрытия и ригелей каркаса здания,

которая соответствует классу В20. Здание было построено в 1977 году. Расчеты здания проводились на основе СНиП II-A. 6-62 «Строительная климатология и геофизика».

Исходя из условий унификации строительных конструкций, примем следующие показатели характеристик бетона, соответствующие его классу:

Марка бетона	Класс бетона	Подвижность, П	Морозостойкость, F	Водонепроницаемость, W
М 250	В 20	П4	150	4

Результат визуального обследования показал, что плиты перекрытия справляются с нагрузкой и воздействиями на 1, 2 и 3-м этажах. Это свидетельствует о том, что характеристики строительных конструкций удовлетворяют ФН и УЭ и СМ для их изготовления подобран верно. Однако для плит перекрытия, располагающихся над подвалом, подобранные составы смеси являются неоптимальными, что подтверждается сильным физическим износом изделий.

Применим ассортиментный подход, предполагающий более подробный учет ФН и УЭ конструкции в ОН. В таблице 5 представлены следующие требования к характеристикам СМ для межэтажных перекрытий:

Назначение конструкции в объекте недвижимости	Эксплуатационные факторы	Требования к строительному материалу
Перекрытия		
Междуэтажные	Статические и динамические нагрузки, шумы и звуки (ударные и воздушные)	Прочность, звукопроводность, теплопроводность, масса изделия

Расчет нагрузок на плиты перекрытия (приложение Е) показал, что в соответствии со СП 131.13330.2012 «Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменением № 2)» класс бетона для плит перекрытия должен быть не ниже класса В25. В соответствии с нормативным подходом показатели характеристик бетона, соответствующие его классу, имеют следующий вид:

Марка бетона	Класс бетона	Подвижность, П	Морозостойкость, F	Водонепроницаемость, W
М 350	В 25	П4	200	6–8

Однако данный принцип не учитывает в полной мере всех нагрузок и воздействий и включает большое количество допустимых к реализации в производстве составов смеси.

Определение вибрационных воздействий

Вибрационные характеристики определялись путем вибродиагностики периодических и непериодических сигналов в соответствии с требованиями ГОСТ 16819-71 «Приборы виброизмерительные». ГОСТ 24346-80 «Вибрация».

Из заключения следует, что вибрационная характеристика амплитудного ускорения $A_{\max} = 0,3326 \text{ м/с}^2$ и не превышает допускаемого значения $A = 1,0 \text{ м/с}^2$. Вибрационная характеристика амплитудной скорости $V_{\max} = 3,5737 \text{ мм/с}$ и не превышает допускаемого значения $V = 30,0 \text{ мм/с}$. Поэтому дополнительная защита от вибрации не требуется.

Учет дополнительных условий эксплуатации конструкций

Известно, что в подвале расположены коммунальные сети и система обогрева, в результате периодически недостаточного или избыточного проветривания в помещении образуется конденсат, чем подтверждается необходимость максимизации характеристик: водонепроницаемости и морозостойкости. Существует классификация условий эксплуатации конструкций (ЭК), подвергающихся увлажнению и замораживанию, введенная в 2009 году профессором А.М. Подвальным [105]:

ЭК 1 – конструкция подвергается умеренному водонасыщению, соли-антиобледенители (хлористый натрий и др.) отсутствуют;

ЭК 2 – умеренное водонасыщение, эпизодически и в небольшом количестве на бетонную поверхность попадают хлористые соли;

ЭК 3 – высокое водонасыщение, соли-антиобледенители отсутствуют (горизонтальные бетонные поверхности, подвергающиеся увлажнению атмосферными осадками и замораживанию);

ЭК 4 – высокое водонасыщение, воздействие солей-антиобледенителей или морской воды.

Потенциально для данных конструкций были определены условия эксплуатации ЭК 1, однако, как показывает практика, данные условия идеальны для 1, 2 и 3-го этажей, что подтверждается сильным физическим износом конструкций, коррозией арматуры и закладных деталей у перекрытия над подвалом. Плитам перекрытия, располагающимся над подвалом, соответствуют условия ЭК 3.

Масса изделия

Известно, что чем меньше удельный вес изделия, тем меньшая нагрузка воспринимается фундаментом. Тем самым подтверждается необходимость минимизации плотности. Такие характеристики готового изделия, как звукопроводность и теплопроводность, были исключены ввиду того, что у тяжелого бетона они имеют узкие пределы варьирования параметрами и в основном обладают близкими значениями. Достижение требуемых показателей данных характеристик на практике осуществляется за счет применения дополнительных тепло- и звукоизоляционных строительных материалов. В соответствии с вышеизложенным зададим требования к конструкциям (таблица 39).

Таблица 39 – Требования к строительным конструкциям

№	Эксплуатационные воздействия	Ед. изм.	
Плита перекрытия №1 (П240, П280)			
1	Статические и динамические нагрузки: расчетная нагрузка	$q_p = 5,94$	кН/м
	расчетная погонная нагрузка	$q = 8,91$	
	расчетная нормативная погонная нагрузка	$q^n = 7,59$	
2	Шумы и звуки (ударные и воздушные): вибрационная характеристика амплитудной скорости	$V_{max} = 3,5737$	мм/с
	вибрационная характеристика амплитудного ускорения	$A_{max} = 0,3326$	м/с ²
3	Температурные воздействия: средняя максимальная температура наружного воздуха наиболее жаркого месяца года	$t_{жар.мес} +24,5$	°С
	температура наиболее холодной пятидневки	$t_{хол. пят} 35$	
	температура наиболее холодных суток	$t_{хол. сут} -39$	
	температурные перепады внутри помещения из-за размещения инженерных сетей	$t_{внутр помещ} -2(+29)$	
4	Масса изделия	$<2,8$	т

Перевод данных требований к СК в требования к характеристикам строительных материалов представим в таблице 40.

Таблица 40– Требования к строительным материалам

№ п/п	Прочность, МПа	Плотность, кг/м ³	Морозостойкость, цикл	Водонепроницаемость, МПа
Плита перекрытия № 1 (П240, П280)				
1	$x_1 \rightarrow \max$ $x_1 \geq 27$	$x_2 \rightarrow \min$ $x_2 < 2500$	$x_3 \rightarrow \max$ $x_3 \geq 150$	$x_4 \rightarrow \max$ $x_4 \geq 0,6$
2	$x_1 \rightarrow \max$ $x_1 > 20$	$x_2 \rightarrow \min$ $x_2 < 2500$	$x_3 \rightarrow \max$ $x_3 \geq 75$	$x_4 \rightarrow \max$ $x_4 \geq 0,6$
3	$x_1 \rightarrow \max$ $x_1 > 20$	$x_2 \rightarrow \min$ $x_2 < 2500$	$x_3 \rightarrow \max$ $x_3 \geq 200$	$x_4 \rightarrow \max$ $x_4 \geq 0,6$
4	$x_1 \rightarrow \max$ $x_1 > 10$	$x_2 \rightarrow \min$ $x_2 < 2400$	$x_3 \rightarrow \max$ $x_3 \geq 75$	$x_4 \rightarrow \max$ $x_4 \geq 0,4$
Требования к характеристикам СМ	$x_1 \rightarrow \max$ $x_1^{\max} \geq 25$	$x_2 < 2400$	$x_3 \geq 220$	$x_4 \rightarrow \max$ $x_4^{\max} \geq 0,6$
$x_1^{\max} \geq 27 ; x_2 < 2400 ; x_3 \geq 220 ; x_4^{\max} \geq 0,6 ;$ $\hat{X}_{1,4} = (K_1 X_3 + K_2 X_4 + K_3 X_p) \rightarrow \max$				

Известно, что конструкции подвержены перепадам температуры и воздействию влажной среды, поэтому модель оптимизации характеристик примет следующий вид:

$$\hat{X}_{1,4} = (K_1 X_3(x_3) + K_2 X_4(x_4) + K_3 X_p(x_p)) \rightarrow \max, \quad (36)$$

где x_3 – морозостойкость; x_4 – водонепроницаемость; x_p – цена.

На следующем этапе осуществим процедуру поиска альтернатив СМ, характеристики которых удовлетворяют заданным в таблице 41 требованиям. В результате применения алгоритма поиска альтернатив СМ (наложения системных ограничений на характеристики материала) получим допустимые к реализации в производстве варианты строительного материала (см. таблицу 41). На предприятии АО «Стройпанелькомплект» получены данные о производственных издержках на изготовление плиты ПК 60-12-8, которые являются фиксированными для конкретных изделий (4148 руб.), и затратах на компоненты

от их соотношения. Известна стоимость исходных компонентов: 1 кг цемента – 3,8 руб., 1 кг щебня – 0,76 руб., 1 кг песка – 0,42 руб., 1 литр воды – 0,05 руб., добавка – 60 руб. за 1 кг. Совместно с представителями отдела продаж была осуществлена процедура субъектно-ориентированного ценообразования. Данные, позволяющие получить композиции моделей предпочтений заинтересованных лиц, в отношении ожидаемой нормы прибыли производителем и показателей качества изделия потребителем, представлены в приложении Е.

Таблица 41 – Характеристики допустимых к реализации в производстве альтернатив строительного материала

Номер альтернативы СМ	Характеристики потребителя				Характеристики производителя		Удобоукладываемость смеси, см	Цена, руб.	КО
	прочность при сжатии, МПа	плотность, кг·с/см ³	морозостойкость, циклы	водонепроницаемость, МПа	затраты на компоненты, руб.	производственные издержки, руб.			
1	29	2389	233	0,79	2704	4148	5,1	13664	3,13
2	29	2389	229	0,77	2712	4148	5,2	13761	3,03
3	29	2388	223	0,78	2698	4148	4,7	13755	2,99
4	28	2388	229	0,8	2605	4148	4,6	13438	3
5	28	2377	225	0,8	2581	4148	4,5	13233	3,02
6	28	2377	221	0,72	2537	4148	4,3	13141	2,85
7	27	2377	223	0,73	2455	4148	4,1	13003	2,99
8	27	2376	228	0,74	2423	4148	4,3	13196	2,82
9	28	2385	224	0,72	2526	4148	4,1	12920	2,79
10	29	2385	225	0,72	2615	4148	3,9	13241	2,68
11	29	2376	220	0,71	2602	4148	3,8	12438	2,66
12	29	2374	220	0,61	2611	4148	3,7	13140	2,84
13	28	2375	227	0,61	2512	4148	3,7	12517	2,72
14	27	2366	222	0,6	2403	4148	3,6	12223	2,59

В результате применения информационной системы мы получили оптимальный состав смеси № 1, характеристики которого являются наилучшими для производства плит перекрытия П240, П280. Состав бетона №1 на 1 м³ представлен ниже:

Цемент, кг	Песок, кг	Щебень, кг	Вода, л	Комплексная добавка, %
331	1160	774	183	0,2

Описание изготовления объекта внедрения

Процесс изготовления экспериментального образца плиты ПК 60-12-8 осуществлялся на формовочном посту № 1, схема расстановки оборудования представлена на рисунке 48.

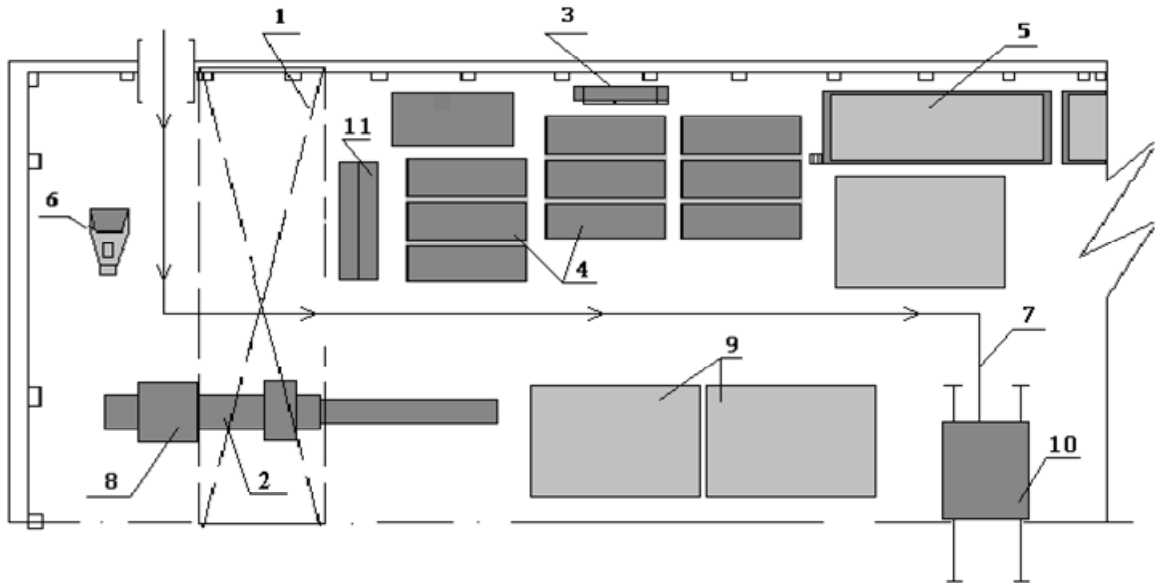


Рисунок 48 – Схема расстановки оборудования на формовочном посту № 1:
 1 – кран мостовой электрический; 2 – виброплощадка «Рокот»; 3 – установка для электронагрева стержней СМЖ129-Б; 4 – место для распалубки изделия и натяжения стержней; 5 – пропарочная камера ямного типа; 6 – бункер для приёма бетона;
 7 – место для проезда автомобилей; 8 – установка для изготовления плит перекрытия многопустотных (рис. 49, а); 9 – место складирования; 10 – тележка самоходная СМЖ-151;
 11 – стенд доводки и контроля качества изделий

Организация технологического процесса производства плит перекрытий железобетонных многопустотных представлена в таблице 42.

Таблица 42 – Организация технологического процесса производства плит перекрытия

Последовательность выполнения операций	Технологические требования при изготовлении	Механизмы, оборудование, инструмент	Указания по охране труда	Рабочие (профессия, разряд, количество)
<u>Чистка бортооснастки и поддонов.</u> Очистить металлооснастку от остатков бетона и пыли	Особое внимание обратить на очистку упоров. Очищать от налипшего бетона следует поверхности и упоры	Скребок, щётка, метла, металлический ящик для инструментов	Во избежание засорения глаз при очистке нужно работать в защитных очках. Мусор следует сразу убрать. Инструкция по ОТ №13	Формовщик 1 человек III разряда

Продолжение табл. 42

Последовательность выполнения операций	Технологические требования при изготовлении	Механизмы, оборудование, инструмент	Указания по охране труда	Рабочие (профессия, разряд, количество)
<p><u>Смазка борто-настки.</u> Смазать поддон и рамку с помощью валика или распылителя смазкой Biotrenn 327</p>	<p>Смазочный состав наносить тонким, ровным слоем валиком или распылителем без образования скопленений и подтёков. Смазываемая поверхность должна быть сухой и чистой. Расход смазки не более 50 г/м²</p>	<p>Ёмкость со смазкой, валик распылитель</p>	<p>При смазке форм запрещается ходить по смазанным поверхностям. В смазочных составах не должны содержаться вредные вещества. Работать при смазке следует в перчатках, а также в респираторе и защитных очках при работе с распылителем. Инструкция по ОТ № 13</p>	<p>Формовщик 1 человек III разряда</p>
<p><u>Армирование.</u> Уложить на поддон корытообразные сетки, в упорах поддона зафиксировать стержни нагретой арматуры. Установить опорные каркасы, петли. Уложить верхнюю сетку.</p>	<p>Рекомендуемая температура нагрева напрягаемых стержней 400°С, максимально допустимая 450°С. Установку сеток и стержней производить в соответствии с рабочими чертежами. Величина защитного слоя бетона до низа рабочей арматуры принята 20 мм</p>	<p>Установка для электротермического натяжения стержневой арматуры</p>	<p>Армирование конструкций следует выполнять так, чтобы исключить возможность травмирования работающих с напрягаемой арматурой. Поддоны должны быть снабжены предохранительными козырьками, закрывающими упоры после натяжения арматуры. <u>Запрещается</u> прижимать напрягаемые стержни иным образом, а также находиться на поддоне и производить работы на нём до полного остывания преднапряжённой арматуры. Инструкция по ОТ № 4. Инструкция по ОТ № 5</p>	<p>Формовщик 2 человек III разряда</p>

Продолжение табл. 42

Последовательность выполнения операций	Технологические требования при изготовлении	Механизмы, оборудование, инструмент	Указания по охране труда	Рабочие (профессия, разряд, количество)
<p><u>Формование.</u> Установить поддон на пост формовки. Установить на поддон рамку. Ввести пуансоны. Заполнить бетоноукладчик бетонной смесью. Уложить бетоноукладчиком первый подстилающий слой бетонной смеси – 30 мм и уплотнить. Уложить второй слой бетонной смеси с одновременной вибрацией. Опустить пригруз для уплотнения с одновременной вибрацией (до появления на поверхности бетона цементного молочка). Снять пригруз. Вывести пуансоны. Снять рамку. Очистить стержни от остатков бетона. Установить бетонные вкладыши</p>	<p>Перед бетонированием проверить правильность армирования. Бетонную смесь укладывать не позднее 30 мин с момента приготовления. Жесткость бетонной смеси 0–1 см. При введении пуансоны не должны поднимать рамку. Выключить вибростол, но пока есть вибрация, приподнять пригруз. Когда вибрация кончится, пригруз опустить и только тогда выдвигать пуансоны.</p>	<p>Бетоноукладчик, виброплощадка, лопата, мастерок, формовочная машина, портал самоходный с виброщитом и бортоснасточкой, захват автоматический</p>	<p>Для защиты от общих вибраций на полях рабочего места необходимо пользоваться спец. обувью и берушами. Разравнивать и разглаживать бетон на форме вручную при работающей виброплощадке запрещается. Категорически запрещается находиться в зоне движения бетоноукладчика. Инструкция по ОТ № 13. Инструкция по ОТ № 16</p>	<p>Формовщик 1 человек IV разряда. Машинист бетоноукладчика 1 человек III разряда. Крановщик 1 человек III разряда</p>
<p><u>Установка поддонов в камеры</u> Изделие на поддоне установить в пропарочную камеру. Подавать поддон с изделием плавно, без раскачивания, исключая удары о стенки камер. Закрыть камеру крышкой</p>	<p>Расстояние от пола камеры до пола нижнего поддона должно быть не менее 15 см. Расстояние между поддонами должно быть не менее 3 см, расстояние от поддона с изделиями до стенок камеры 5–10 см</p>	<p>Мостовой кран</p>	<p>Категорически <u>запрещается</u> переносить груз над людьми. Устанавливать на крышках пропарочных камер формы и изделия <u>не допускается</u>. Инструкция по ОТ № 13. Инструкция по ОТ № 16</p>	<p>Формовщик 1 человек III разряда. Крановщик 1 человек III разряда</p>

Окончание табл. 42

Последовательность выполнения операций	Технологические требования при изготовлении	Механизмы, оборудование, инструмент	Указания по охране труда	Рабочие (профессия, разряд, количество)
			<u>Запрещается</u> производить все грузоподъемные операции в камерах во время нахождения в них рабочих	
<p><u>Термообработка.</u> Выдерживать изделия до подачи пара в камере в течение 3 ч. Подать пар в камеру.</p> <p>Режим термообработки: выдерживать изделия 3 ч (15–20 °С), подъем температуры 4 ч (80–85 °С), изотермический прогрев 6 ч при температуре 80–85 °С, охлаждение 2 ч</p>	<p>Перед подачей пара в камеру выпустить конденсат из системы, пар в камеру подавать плавно.</p> <p>Скорость подъема температуры не более 20°С/ч</p>	Вентиль регулировочный, термометр	Инструкция по ОТ № 33	Лаборант-пропарщик 1 человек
<p><u>Выгрузка поддонов с изделием из пропарочных камер</u></p> <p>Захватить поддон с изделиями автоматической траверсой и установить на пост распалубки</p>	Разность температур пропаренного изделия и окружающей среды не должна быть более 35–40 °С	Мостовой кран, автоматическая траверса	Соблюдать правила перемещения грузов в рабочей зоне ГОСТ 12.3.009–76. Инструкция по ОТ № 12	Крановщик 1 человек III разряда Стропальщик
<p><u>Распалубка изделий.</u></p> <p>Перерезать напряжённую арматуру. Застропить изделие и установить на пост доводки и контроля</p>	<p>Снятие напряжения необходимо осуществлять при достижении бетонном передаточной прочности. Поднимать изделия плавно без рывков. Концы напрягаемой арматуры должны быть защищены слоем раствора толщиной не менее 5мм или битумным лаком</p>	Электродуговая сварка	<p>Запрещается работать неисправными грузозахватными приспособлениями. Обрезку стрежней производить в защитных щитах и не находиться при этом по оси напрягаемой арматуры.</p> <p>Инструкция по ОТ № 13.</p> <p>Инструкция по ОТ № 16</p>	<p>Крановщик 1 человек III разряда.</p> <p>Расформовщик 2 человека III разряда</p>



а



б

Рисунок 49 – Установка для изготовления плит перекрытия многопустотных (а); экспериментальный образец плиты ПК 60-12-8 (б)

В результате реализации технологического процесса производства плит перекрытия многопустотных мы получили экспериментальный образец конструкции (рисунок 49, б), характеристики которого полностью соответствуют заданным требованиям.

Приготовление бетонной смеси осуществлялось в бетоносмесителе принудительного действия. Осадка конуса контрольного состава бетонной смеси составляла 4–5 см, что соответствует подвижности П2. Сначала были испытаны реологические свойства бетонных смесей, потом из них были изготовлены по три образца-куба с размерами 100×100×100 мм. Образцы были испытаны на одноосное сжатие в возрасте 1 и 28 сут после твердения в камере влажного хранения при нормальных условиях. Определение прочности бетона на сжатие производилось согласно ГОСТ 10180–2012. Для определения водонепроницаемости были изготовлены три образца-цилиндра диаметром 150 мм. Водонепроницаемость образцов бетонов была определена в возрасте 28 суток нормального твердения «методом мокрого пятна». После приготовления бетонных смесей определяли объем вовлечённого воздуха стандартным методом по ГОСТ 10181-

2014. Далее через 28 сут, по достижении марочной прочности образцов в условиях нормального твердения, испытывали морозостойкость согласно ГОСТ 10060-2012 ускоренным методом (таблица 43), который характеризуется следующими условиями:

– образцы насыщаются, замораживаются и оттаиваются в 5%-ном водном растворе хлористого натрия;

– температура замораживания образцов $(-18) \pm 2$ °С.

Таблица 43 – Результаты испытаний образцов бетона

Испытание	Образцы испытания		
	№ 1	№ 2	№ 3
Результаты испытания на водонепроницаемость (марка)	0,8 (W 8)	0,8 (W 8)	0,8 (W 8)
Результаты испытания по прочности на сжатие (марка)	1 сут.: 16,8 28 сут.: 28,8 (B 27,5)	1 сут.: 17,1 28 сут.: 28,7 (B 27,5)	1 сут.: 17,0 28 сут.: 28,7 (B 27,5)
Результаты испытания на морозостойкость (марка)	233 (F200)	234 (F200)	233 (F200)
Осадка конуса, см (классификация бетонной смеси)	5,2 (П2)	5,1 (П2)	5,2 (П2)
Объемный вес бетона, т/м ³	2,38	2,37	2,37

4.3. Оценка эффективности выбранных альтернатив строительных материалов

Информационная система способна оказывать свои эффекты, значимость которых может быть субъективной для разных пользователей в различных ситуациях.

В общем случае значимость эффекта, полученного внедрением информационной системы выбора характеристик материалов строительных конструкций объекта недвижимости, проявляется:

– в социальной эффективности, определяемой коэффициентом эффективности ранжирования;

- функциональной эффективности, эффективной эксплуатации элементов зданий.
- экономической эффективности (экономии различных ресурсов (материальных, временных, трудовых) и т.п.

4.3.1. Коэффициент эффективности ранжирования

В подразд. 1.6 «Обоснование необходимости поддержки принятия решения при управлении выбором характеристик строительных материалов конструкций объекта недвижимости» доказано, что респондент не способен ранжировать материал правильно, руководствуясь только интуицией в случаях сложности задач выбора по параметрам многоальтернативности, многофакторности исходных данных и чувствительности к их динамике, а также в условиях опасности манипулирования результатами со стороны внешней среды. Применение автоматизированной системы субъектно-ориентированного решения линейных задач ранжирования / выбора («Джобс-Декон») позволяет снизить уровень неопределенности между отдельными альтернативами и повысить процент установления отношения строгого порядка.

Коэффициент эффективности ранжирования рассчитывается по формуле (гл. 1)

$$K_{\text{эфф}}^{\text{ранж}} = \frac{\left| \left\{ \hat{X} \right\} \right|_{\text{стр}}}{\left| \left\{ X \right\} \right|},$$

где $\left| \left\{ \hat{X} \right\} \right|_{\text{стр}}$ – количество альтернатив с отношением строгого порядка; $\left| \left\{ X \right\} \right|$ – исходное количество альтернатив.

На примере выбора материала для изготовления плиты перекрытия была рассмотрена процедура ранжирования фиксированного числа альтернатив строительного материала при пошаговом увеличении числа их существенных характеристик. Основные характеристики строительного материала из бетона представлены прочностью при сжатии (МПа), плотностью ($\text{кг} \cdot \text{с} / \text{см}^3$), морозостойкостью (цикл), водонепроницаемостью (коэф.) и ценой (руб.) [69].

Респонденту было предложено осуществить процедуру установления строгого порядка на пяти альтернативах, характеристики материала которых представлены в таблице 44.

Таблица 44 – Характеристики альтернатив строительных материалов из бетона

Альтернативы	Прочность при сжатии, МПа	Плотность, кг·с/см ³	Морозостойкость, цикл	Водонепроницаемость, коэф.	Цена, руб.
1	23	2241	202	4	4600
2	25	2315	175	6	5000
3	27	2363	178	7	5200
4	29	2294	222	5	5500
5	30	2250	225	7	5700

На первом шаге респондент, аналогично предыдущему эксперименту, представленному в подразд. 1.6, ранжирует характеристики альтернатив строительных материалов интуитивно, а затем данная процедура проводится при помощи автоматизированной системы субъектно-ориентированного решения линейных задач ранжирования / выбора («Джобс-Декон»). Эксперимент проводится несколько раз, при этом каждый раз увеличивается число значимых характеристик материала, а число альтернатив остается неизменным. Первоначально респондент осуществляет ранжирование альтернатив по двум, затем трем, четырем и, наконец, пяти известным характеристикам строительного материала, интуитивно определяя порядковый номер каждой альтернативы в ранжированном ряду. После процедура ранжирования проводится в автоматизированной системе субъектно-ориентированного решения линейных задач ранжирования / выбора («Джобс-Декон»), респондентами поочередно выстраиваются функции приведения для всех востребованных характеристик материала, определяются взвешенные коэффициенты для данных характеристик, и находятся комплексные оценки альтернатив, в соответствии с которыми определяется порядковые номера альтернатив в ранжированном ряду.

Более подробно рассмотрим процесс установления порядкового номера при ранжировании пяти альтернатив по двум характеристикам при помощи автоматизированной системы субъектно-ориентированного решения линейных задач ранжирования / выбора («Джобс-Декон») (таблица 45).

Таблица 45 – Ранжирование альтернатив по двум характеристикам интуитивным способом и при помощи механизма комплексного оценивания «Джобс-Декон»

Множество альтернатив m	Цена, руб.	Прочность при сжатии, МПа	Порядковый номер в интуитивном ранжированном ряду	Порядковый номер в ранжированном ряду по «Джобс-Декон»
1	4600	23	V	V
2	5000	25	IV	IV
3	5200	27	II	III
4	5500	29	I	I
5	5700	30	III	II

$$m_{\text{инт}} = \{4 \succ 3 \succ 5 \succ 2 \succ 1\}$$

$$m_{\text{Дж}} = \{4 \succ 5 \succ 3 \succ 2 \succ 1\}$$

$$K_{\text{эфф}} = \frac{2}{5}$$

Первоначально респондент на основе своих предпочтений строит функции приведения для заданных характеристик, выражая свои предпочтения относительно качественных характеристик строительного материала.

Затем осуществляет процедуру нахождения взвешенных коэффициентов, предварительно определив наиболее значимую характеристику из представленных двух (рисунок 50).

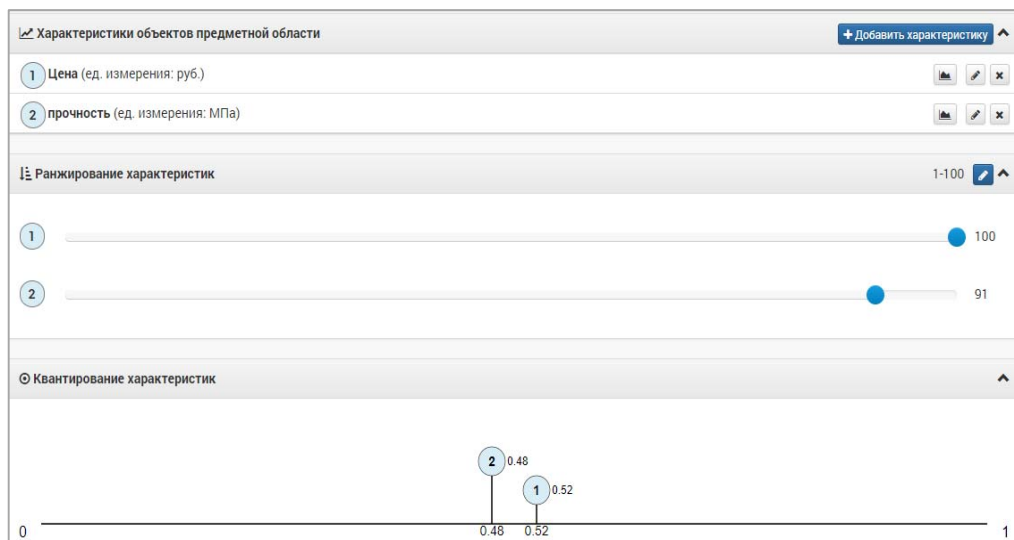


Рисунок 50 – Определение взвешенных коэффициентов характеристик строительного материала

Далее в программный продукт заносятся физические показатели характеристик материала альтернатив, представленные ранее для осуществления

процедуры ранжирования, и определяются их комплексные оценки (рисунок 51). По данным комплексным оценкам осуществляется процедура ранжирования.

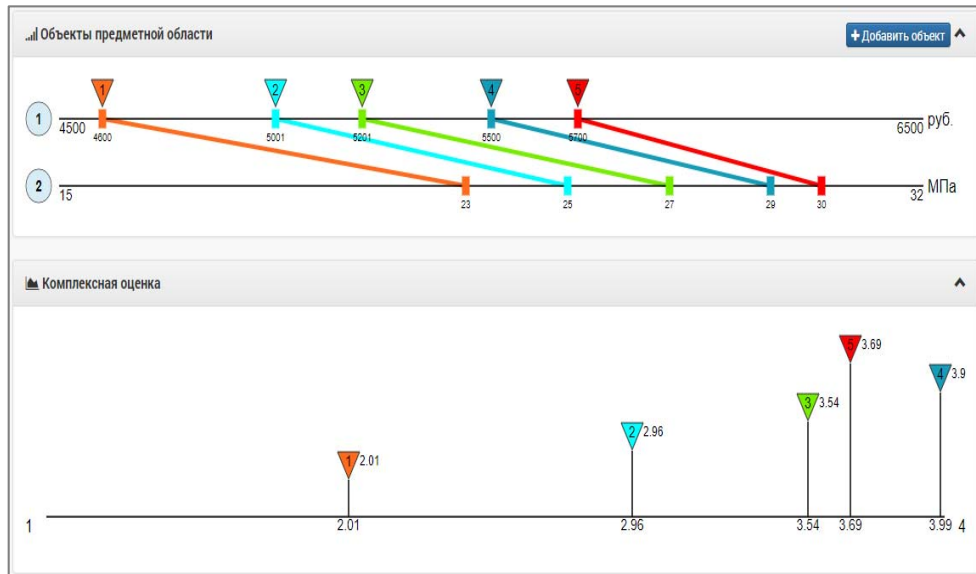


Рисунок 51 – Процедура определения комплексных оценок альтернатив строительных материалов

Аналогично проранжируем альтернативы по трем, четырем и пяти характеристикам строительного материала (таблицы 46–48).

Таблица 46 – Ранжирование альтернатив по трем характеристикам интуитивным способом и при помощи механизма комплексного оценивания «Джобс-Декон»

Множество альтернатив m	Цена, руб.	Прочность при сжатии, МПа	Плотность, $\text{кг} \cdot \text{с} / \text{см}^3$	Порядковый номер в интуитивном ранжированном ряду	Порядковый номер в ранжированном ряду по «Джобс-Декон»
1	4600	23	2241	IV	V
2	5000	25	2315	III	IV
3	5200	27	2363	II	III
4	5500	29	2294	I	I
5	5700	30	2250	II	II
$m_{\text{инт}} = \{ 4 > 3 = 5 > 2 > 1 \}$ $m_{\text{Дж}} = \{ 4 > 5 > 3 > 2 > 1 \}$ $K_{\text{эфф}} = \frac{3}{5}$					

Таблица 47– Ранжирование альтернатив по четырем характеристикам интуитивным способом и при помощи механизма комплексного оценивания «Джобс-Декон»

Множество альтернатив m	Цена, руб.	Прочность при сжатии, МПа	Плотность, кг·с/см ³	Морозостойкость, цикл	Порядковый номер в интуитивном ранжированном ряду	Порядковый номер в ранжированном ряду по «Джобс-Декон»
1	4600	23	2241	202	III	IV
2	5000	25	2315	175	IV	V
3	5200	27	2363	178	III	III
4	5500	29	2294	222	I	I
5	5700	30	2250	225	II	II
$m_{\text{инт}} = \{4 \succ 5 \succ 3 = 1 \succ 2\}$ $m_{\text{Дж}} = \{4 \succ 5 \succ 3 \succ 1 \succ 2\}$ $K_{\text{эфф}} = \frac{3}{5}$						

Таблица 48 – Ранжирование альтернатив по пяти характеристикам интуитивным способом и при помощи программы комплексного оценивания «Джобс-Декон»

Множество альтернатив m	Цена, руб.	Прочность при сжатии, МПа	Плотность, кг·с/см ³	Морозостойкость, цикл	Водонепроницаемость, коэф.	Порядковый номер в интуитивном ранжированном ряду	Порядковый номер в ранжированном ряду по «Джобс-Декон»
1	4600	23	2241	202	4	IV	IV
2	5000	25	2315	175	6	IV	II
3	5200	27	2363	178	7	III	II
4	5500	29	2294	222	5	I	I
5	5700	30	2250	225	7	II	I
$m_{\text{инт}} = \{4 \succ 5 \succ 3 \succ 1 = 2\}$ $m_{\text{Дж}} = \{4 = 5 \succ 3 \succ 2 \succ 1\}$ $K_{\text{эфф}} = \frac{2}{5}$							

Далее осуществим процедуру сравнения результатов, полученных интуитивным способом и при помощи автоматизированной системы субъектно-ориентированного решения линейных задач ранжирования / выбора («Джобс-Декон»). Процедура сравнения представлена на рисунке 52.

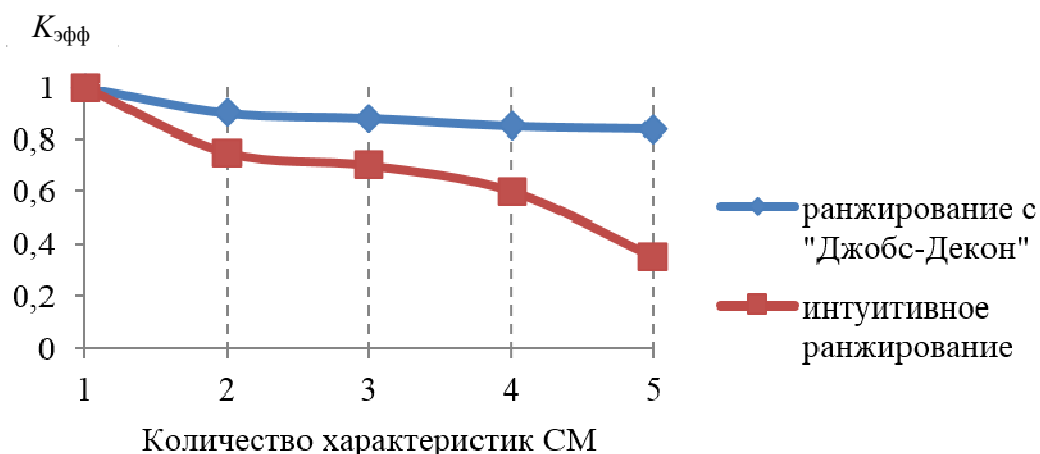


Рисунок 52 – Сравнение результатов ранжирования альтернатив на основе интуитивного и механизированного (программа «Джобс-Декон») подходов

Сравнив результаты, мы еще раз пришли к выводу, что респондент не способен при ранжировании характеристик материала, руководствуясь только интуицией в случаях сложности задач выбора по параметрам многоальтернативности, многофакторности исходных данных и чувствительности к их динамике, а также в условиях опасности манипулирования результатами со стороны внешней среды, устанавливать отношение строгого порядка между ними. Применение предложенной в работе системы позволит решить данную проблему.

4.3.2. Продолжительность эффективной эксплуатации элементов зданий

В качестве еще одного критерия эффективности внедрения информационной системы выбора характеристик материалов строительных конструкций объекта недвижимости на основе ассортиментного подхода рационально выбрать продолжительность эффективной эксплуатации элементов зданий – $K_{\text{эсп}}^{\text{эфф}}$.

Для оценки эффективности внедрения в первую очередь необходимо определить статистически значимый период времени D , в котором конструкция должна удовлетворять своим эксплуатационным требованиям.

В соответствии с ВСН 58-88(р) приложения 3 «Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий,

объектов коммунального и социально-культурного назначения» продолжительность эксплуатации железобетонных перекрытий в зданиях и объектах коммунального и социально-культурного назначения при нормальных и благоприятных условиях эксплуатации составляет 65 лет. Известно, что здание введено в эксплуатацию в 1977 г., соответственно, перекрытие прослужило 38 лет. В ходе обследования здания выяснилось, что у конструкций не соответствовали эксплуатационным требованиям показатели таких характеристик, как морозостойкость и водонепроницаемость, что привело к уменьшению прочности изделия и его разрушению. Таким образом, на основе данных о свойствах конструкции можно определить примерные сроки продолжительности их эксплуатации. На рисунке 53 показана процедура определения срока эксплуатации строительных конструкций по характеристикам «морозостойкость» и «прочность».

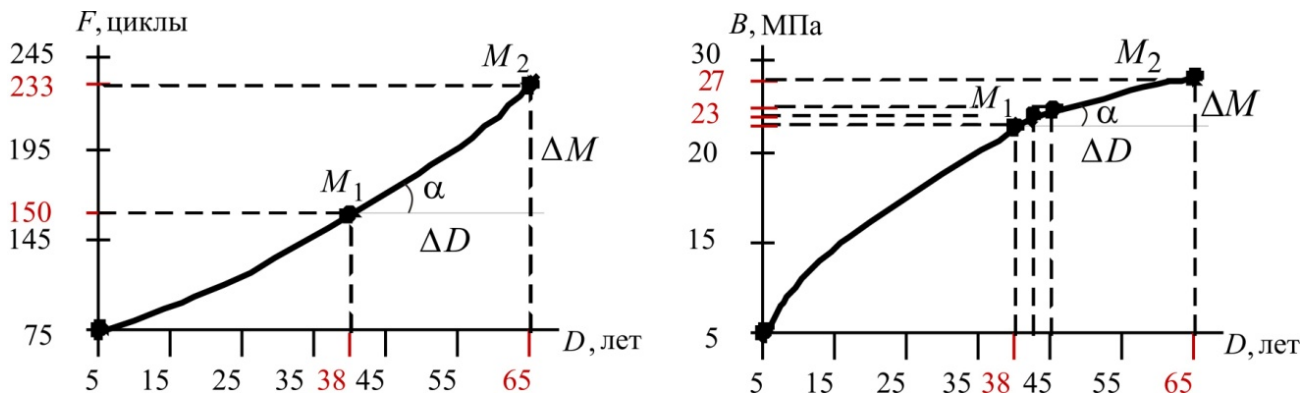


Рисунок 53 – Продолжительность эффективной эксплуатации элементов зданий по параметрам характеристик «морозостойкость» и «прочность на сжатие»

$$\alpha = K = \frac{\Delta M}{\Delta D} = \frac{73}{27}, \quad (37)$$

$$K_{\text{экс}}^{\text{эфф}}(M) = 150 + KD = 150 + \frac{73}{27}D, \quad (38)$$

где $D \in [38; 65]$.

Оценка эффективности выбора СМ включала сравнение характеристик материала, полученных нормативным и ассортиментным подходами (рисунок 54).

Качественные показатели альтернатив в рамках одной нормативной единицы имеют разницу в 15 % по таким характеристикам, как морозостойкость,

водонепроницаемость и плотность, прочность на сжатие – 10 %, а удобоукладываемость смеси на 20%.

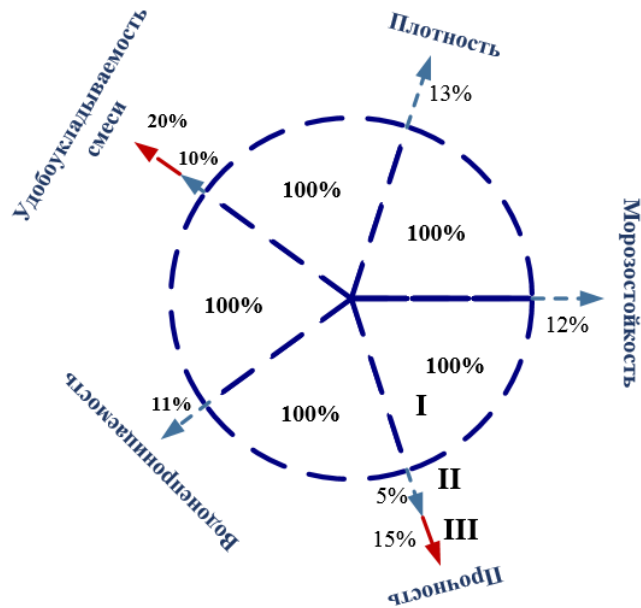


Рисунок 54 – Оценка эффективности ассортиментного подхода к задаче оптимизации СМ

Несмотря на то, что все альтернативы в рамках нормативного подхода являются допустимыми к реализации в строительстве, совокупность свойств не каждой из них имеет максимальное соответствие дальнейшим условиям эксплуатации и функциональному назначению СК в здании. Так, например, если сравнить альтернативу с самой высокой комплексной оценкой (№ 1) и самой низкой (№ 14), то можно прийти к выводу, что по параметру «прочность» срок эксплуатации конструкций соответствует нормативно-техническому – 65 годам, однако по параметру «морозостойкость» предположительный срок начала разрушения образца СМ № 14 – 58 лет, что меньше допустимого на 7 лет.

Выполняемая оценка эффективности выбранных альтернатив применима к задаче выбора СМ [107, 72], приводит к целесообразности расширения множества существенных, имеющих перспективу использования альтернатив СМ за счет целенаправленного варьирования параметрами управления (U_1, U_2, U_3) . Так, при помощи варьирования в интервале от 0,145–0,205 количеством введения добавки в соотношения от массы вяжущего можно увеличить или снизить количество альтернатив СМ, являющихся допустимыми к реализации. На рисунке 55 зеленым

цветом показаны альтернативы СМ, соответствующие нормативной единице прочности при сжатии В25.

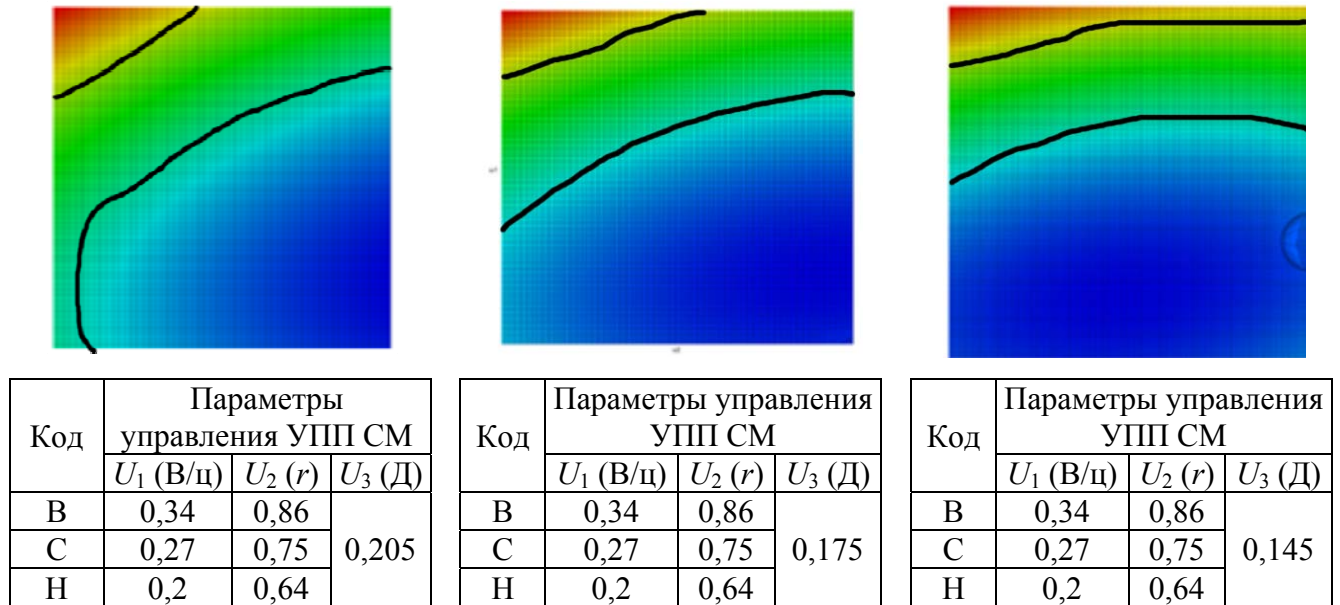


Рисунок 55 – Расширение множества альтернатив СМ за счет варьирования параметрами управления (добавкой)

4.3.3. Технико-экономическая эффективность применения информационной системы

Технико-экономическая эффективность применения информационной системы выбора характеристик строительных материалов при изготовлении сборных бетонных и железобетонных изделий на примере ж.б. плит перекрытий проиллюстрирована в таблице 49.

Габариты здания в осях «1-12/А-Л» составляют 66,0×42,0 м. Известно, что в здании три этажа и подвал. Всего в здании заложено 570 плит ПК 60-12-8 и 176 плит ПК60-10-8. Выделим в соответствии с воспринимаемыми нагрузками и воздействиями три ассортиментные единицы: 1-я – плиты перекрытия над подвалом, 2-я – плиты перекрытия над 1-м и 2-м этажами, 3-я – плиты перекрытия над 3-м этажом.

На основе применения информационной системы получим следующие альтернативы с максимальными значениями КО (таблица 49).

Таблица 49– Альтернативы СМ с максимальными значениями КО

Номер альтернативы СМ	Характеристики потребителя				Характеристики производителя		Удобоукладываемость смеси, см	Цена, руб.	КО
	Прочность при сжатии, МПа	Плотность, кг·с/см ³	Морозостойкость, циклы	Водонепроницаемость, МПа	Затраты на компоненты, руб.	Производственные издержки, руб.			
Ас.1	29	2389	233	0,79	2404	4148	5,1	13664	3,13
Ас.2	23	2389	222	0,67	2218	4148	4,2	11891	3,25
Ас.3	20	2374	213	0,68	2142	4148	3,7	10745	3,99

Ожидаемый экономический эффект от применения информационной системы, реализующей ассортиментный подход, составит 6 % от общей стоимости всех плит, материал для которых выбран унифицированным нормативным подходом (таблица 50).

Таблица 50 – Ресурсо- и энергозатраты при производстве плит перекрытия здания с размерами 66,0×42,0 м

Исходные материалы	Нормативный подход (унифицированный)		Ассортиментный подход					
			Ассортиментная единица 1		Ассортиментная единица 2		Ассортиментная единица 3	
	норма расхода	стоимость, руб.	норма расхода	стоимость, руб.	норма расхода	стоимость, руб.	норма расхода	стоимость, руб.
Цемент, кг	331	1125,4	331	1125,4	257	907,8	231	785,4
Щебень, кг	1160	881,6	1160	881,6	1197	909,72	1230	934,8
Песок, кг	774	325,08	774	325,08	809	339,78	877	368,34
Вода, л	183	9,15	183	9,15	172	8,6	169	8,45
Комплексная добавка, %	1,056	63,36	1,056	63,36	0,88	52,8	0,76	45,6
ТВО, Гкал	0,36	740	0,36	740	0,36	740	0,36	740
Итого на 1 м ³	3144,59		3144,59		2924,7		2882,59	
Итого (ПК-60-12-8)	1 571 949,1		380 577,15		738709,03		364036,53	
Итого (ПК-60-10-8)	365 275,57		78 866,32		177 587,78		87515,43	
Всего	1 937 224,67				1 827 292,24			

ВЫВОДЫ ПО ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЕ

1. Проведен анализ опыта эксплуатации строительных конструкций, строительные материалы для изготовления которых были выбраны на основе унификации технических характеристик. В результате обследования здания МАОУ «Средняя общеобразовательная школа № 32 им. Г.А. Сборщикова», расположенного по ул. Советской, 102а в Ленинском районе г. Перми, были получены данные о том, что строительные конструкции, входящие в состав конструктивных элементов здания, подверглись преждевременному разрушению лишь над подвалом здания. Перекрытия, располагающиеся над более высокими этажами (1, 2 и 3-м) на момент обследования полностью соответствовали нормативному техническому состоянию. Тем самым подтверждается необходимость применения ассортиментного подхода.

2. В соответствии с рекомендациями технического обследования о замене плит перекрытия П 245 и П 280 на основе ассортиментного подхода был осуществлен расчет ассортиментной единицы плит перекрытия над подвалом. В результате применения информационной системы получили состав смеси № 1, характеристики которой являются наилучшими для заданных условий эксплуатации плит перекрытия над подвалом. В результате технологического процесса производства плит перекрытия многопустотных мы получили экспериментальный образец конструкции, характеристики которого полностью соответствуют расчетным значениям.

3. Разработанные технологии способствуют достижению наиболее полного соответствия производимых строительных конструкций заданному функциональному назначению и условиям эксплуатации в объекте недвижимости, что подтверждается эффективностью их внедрения. Показаны социальная эффективность, определяемая коэффициентом эффективности ранжирования, функциональная (эффективная эксплуатация элементов зданий) и экономическая эффективность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выполнен анализ современных подходов к выбору материалов строительных конструкций из тяжелого бетона, слабой стороной которых является сложность обеспечения соответствия свойств СК условиям эксплуатации и функциональному назначению. Разработанная концепция управления ассортиментом строительных материалов и конструкций позволила решить эти проблемы на основе сочетания возможностей информационного моделирования объектов с ассортиментным подходом, предполагающим использование различных по свойствам материалов при изготовлении строительных конструкций. Предложено каждую единицу АСК изготавливать из материала, характеристики которого имеют наибольшую КО в рамках решения при помощи процедуры ранжирования характеристик и установления отношения строгого порядка между ними установленной для нее многокритериальной задачи выбора.

2. Разработан алгоритм исследования альтернативных строительных материалов на примере тяжелого бетона, включающий процедуру построения наборов матриц-массивов двух типов, заполненных физическими, квалиметрическими и комплексными оценками качественных характеристик готовой продукции. Заполнение матриц физическими значениями характеристик осуществлялось на основе математического планирования эксперимента, регрессионного анализа и методик расчета себестоимости изделия на предприятии. Получение квалиметрических и комплексных оценок характеристик готовой продукции – на основе процедуры согласования интересов потребителя и производителя в отношении свойств изделий при ценообразовании.

3. Осуществлена математическая постановка задач выбора АСК. Количество единиц ассортимента соответствует количеству поставленных многокритериальных задач выбора характеристик строительных материалов на основе учета условий эксплуатации и функционального назначения СК. Задача выбора решается при помощи разработанного алгоритма поиска, осуществляемого на основе ввода системных ограничений и комплексных критериев качества, выбора из множества вариантов управления дозировкой заданного

количества рецептур смесеобразования, имеющих максимальные значения комплексных оценок. На первом этапе поиска ограничивается выборка альтернатив материала, а на втором – уточнение свойств готовой продукции с условиями эксплуатации и функциональным назначением.

4. Внедрена информационная система выбора характеристик материалов строительных конструкций на предприятиях строительной отрасли. Для здания МАОУ «СОШ № 32 им. Г.А. Сборщикова» был осуществлен расчет ассортиментной единицы плит перекрытия над подвалом и получен состав смеси, имеющий комплексную оценку 3,13. Разница в долговечности конструкций, в случае их изготовления из строительных материалов, имеющих максимальную и минимальную комплексные оценки, составила около 7 лет. Экономический эффект от использования ассортиментного подхода составил 6 % от общей стоимости всех плит перекрытия, выбранных по принципу унификации.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АСК – ассортимент строительных конструкций;

ИС – информационная система;

КО – комплексная оценка;

ОН – объект недвижимости;

ПФЭ – полный факторный эксперимент;

СИ – системная инженерия;

СК – строительные конструкции;

СМ – строительный материал;

СОУ – субъектно-ориентированное управление;

ТБ – тяжелый бетон;

УР – уравнения регрессии;

УЭ – условия эксплуатации;

ФН – функциональное значение;

ФП – функции приведения

СПИСОК ТЕРМИНОВ

единица ассортимента строительных конструкций: Изделия, изготовленные из строительного материала, значения характеристик которого имеют максимальные значения комплексных оценок качества в рамках решения установленной для этой единицы ассортимента многокритериальной задачи выбора.

плотность: Физическая величина, определяемая массой вещества (или материала) в единице объема.

истинная плотность: Масса единицы объема материала, когда в расчет берется только объем твердого вещества.

средняя плотность материала: Физическая величина, определяемая отношением массы материала ко всему занимаемому им объему (m^3), включая имеющиеся в нем поры и пустоты.

пористость: Степень заполнения объема материала порами, %.

Пористость является основной структурной характеристикой, определяющей такие свойства материала, как водопоглощение, теплопроводность, акустические свойства, морозостойкость, прочность и др.

влажность: Содержание влаги в материале в данный момент, отнесенное к единице массы материала в сухом состоянии.

водопоглощение: Способность материала поглощать влагу и удерживать ее в своих порах. Водопоглощение характеризуется максимальным количеством воды, поглощаемым образцом материала при выдерживании его в воде, отнесенным к массе сухого образца или к его объему.

гигроскопичность: Способность материалов поглощать водяные пары из воздуха. При увлажнении материал изменяет свои свойства, например возрастают плотность и теплопроводность, но снижается прочность.

лагоотдача: Способность материала терять находящуюся в его порах влагу.

морозостойкость: Способность материала в насыщенном водой состоянии выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание без при-

наков разрушения. Морозостойкость зависит от пористости и водопоглощения материала.

теплопроводность: Способность материала передавать теплоту сквозь свою толщину от одной своей поверхности к другой в случае, если температура этих поверхностей разная.

теплоемкость: Способность материала поглощать при нагревании теплоту. Показателем теплоемкости является удельная теплоемкость, равная количеству теплоты, необходимому для нагрева единицы массы изделия на 1К.

тепловое расширение: Свойство материала расширяться при нагревании и сжиматься при охлаждении. Характеризуется коэффициентами объемного и линейного расширения.

огнестойкость: Способность материала выдерживать воздействие огня и воды в условиях пожара и не разрушаться при этом. Бетон относится к негорючим материалам.

огнеупорность: Способность материала длительно работать в условиях высоких температур без деформации и размягчения.

акустические свойства материала: Свойства материала, связанные со звуковым воздействием: в какой степени материал проводит сквозь свою толщину звук – звукопроводность – и в какой мере материал поглощает и отражает падающий на него звук – звукопоглощение. Звукопроводность зависит от массы и строения материала, а звукопоглощение от его поверхности.

прочность: Свойство материала в определенных условиях и пределах воспринимать нагрузки или другие воздействия, вызывающие в нем внутренние напряжения, без разрушения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента / Ю.П. Адлер. – М.: Металлургия, 1968. – 155 с.
2. Азгальдов, Г.Г. Интеллектуальная собственность, инновации и квалиметрия / Г.Г. Азгальдов, А.В. Костин // Экономические стратегии. – 2008. – № 2 (60). – С. 162–168.
3. Алексеев, А.О. Развитие механизмов нечеткого комплексного оценивания / А.О. Алексеев, Э.Р. Галиаскаров // Управление большими системами: труды VIII Всероссийской школы-конференции молодых ученых, г. Магнитогорск 25–27 мая 2011 г. – М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова, 2011. – С. 78–83.
4. Алексеев, А.О. Алгоритмические основы нечеткой процедуры комплексного оценивания объектов различной природы / А.О. Алексеев, А.С. Калентьева, А.В. Вычегжанин // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 3 . – С. 469–474.
5. Алексеева, Л.Л. Инновационные технологии и материалы в строительной индустрии: учеб. пособие / Л.Л. Алексеева. – Ангарск: АГТА, 2010. – 104 с.
6. Алмазов, В.О. Проектирование железобетонных конструкций по Евро-нормам / В.О. Алмазов. – М.: АСВ, 2007. – 183 с.
7. Архитектура сетевого управляющего комплекса здания на базе IoT-устройств / А.В. Кычкин, А.И. Дерябин, О.Л. Викентьева, Л.В. Шестакова // Датчики и системы. – 2018. – № 5 (225). – С. 32–38.
8. Баженов, Ю.М. Пути развития строительного материаловедения: Новые бетоны / Ю.М. Баженов // Технологии бетонов. – 2012. – № 3–4. – С. 39–42.
9. Баженов, Ю.М. Технология бетона / Ю.М. Баженов. – М.: АСБ, 2002. – 500 с.
10. Баженов, Ю.М. Технология бетона строительных изделий и конструкций / Ю.М. Баженов, Л.А. Алимов, В.В. Воронин. – М.: АСВ, 2016. – 172 с.
11. Баженов, Ю.М. Системный анализ в строительном материаловедении: монография / Ю.М. Баженов, И.А. Гарькина, А.М. Данилов. – М.: Московский

государственный строительный университет: Библиотека научных разработок и проектов, 2012. – 432 с.

12. Баженов, Ю.М. Бетонovedение / Ю.М. Баженов. – М.: АСВ, 2015. – 144 с.

13. Беляева, А.В. Массовая оценка стоимости объектов недвижимости для целей налогообложения. Требования и ограничения / А.В. Беляева // Прикладная математика и вопросы управления. – 2015. – №2. – С. 77–88.

14. Берг, О.Я. Физические основы теории прочности бетона и железобетона / О.Я. Берг. – М.: Гостройиздат, 1962. – 96 с.

15. Беркут, А.И. Системы автоматического контроля технологических параметров: учеб. пособие / А.И. Беркут, А.А. Рульнов. – М.: Московский государственный строительный университет, 2005. – 143 с.

16. Бойцов, Б.В. Общие аспекты качества / Б.В. Бойцов, О.А. Горленко, А.Г. Суслов // Инженерный журнал с приложением. – 2008. – Т. 4. – С. 2–4.

17. Бойцов, Б.В. Концепция качества жизни / Б.В. Бойцов, М.А. Кузнецов, Г.И. Элькин. – М., 2007. – 238 с.

18. Большаков, В.И. Основы теории и методологии и многопараметрического проектирования составов бетона / В.И. Большаков, И.Л. Дворкин, О.Л. Дворкин. – Днепропетровск: ПГАСА, 2006. – 360 с.

19. Боровиков, В. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов / В. Боровиков. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.

20. Бочкарев, В.В. Оптимизация технологических процессов органического синтеза: учеб. пособие / В.В. Бочкарев. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010. – 185 с.

21. Букин, А.В. Определение прочности бетона методами разрушающего и неразрушающего контроля / А.В. Букин, А.Н. Патраков // Вестник Пермского государственного технического университета. Строительство и архитектура. – 2010. – № 1. – С. 89–94.

22. Бурков, В.Н. Применение обобщенных медианных схем для построения неманипулируемых механизмов многокритериальной активной экспертизы /

В.Н. Бурков, М.Б. Исаков, Н.А. Коргин // Проблемы управления. – М., 2008. – № 4. – С. 38–47.

23. Бурков, В.Н. Теория активных систем: состояние и перспективы / В.Н. Бурков, Д.А. Новиков. – М.: Синтег, 1999. – 128 с.

24. Бурков, В.Н. Введение в теорию управления организационными системами: учеб. / В.Н. Бурков, Д.А. Новиков, Н.А. Коргин; ред. Д.А. Новиков. – М.: ЛИБРОКОМ, 2009. – 264 с.

25. Бутт, Ю.М. Химическая технология вяжущих материалов: учебник для вузов / Ю.М. Бутт, М.М. Сычев, В.В. Тимашев. – М.: Высшая школа, 1980. – 472 с.

26. Вавилин, Я.А. Разработка и исследование системы менеджмента качества с позиций общей теории систем / Я.А. Вавилин // Стандарты и качество. – 2005. – № 5. – С. 77.

27. Варжапетян, А.Г. Квалиметрия: учебное пособие / А.Г. Варжапетян. – СПб.: СПбГУАП, 2005. – 176 с.

28. Васильев, В.А. Проблемы управления качеством в российской промышленности / В.А. Васильев // Технология машиностроения. – 2007. – №9. – С. 69–71.

29. Васильев, Ф.П. Методы оптимизации / Ф.П. Васильев. – М.: Факториал Пресс, 2002.

30. Вентцель, Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1988.

31. Винарский, М.С. Планирование эксперимента в технологических исследованиях / М.С. Винарский, М.В. Лурье. – Киев: Техника, 1975. – 168 с.

32. Винокур, И.Р. Развитие методов управления портфелем активов на основе нового класса моделей рынков и рыночных отношений / И.Р. Винокур, Р.М. Махлес, В.А. Харитонов // Вестник Пермского университета. Сер. «Экономика». – Пермь, 2012. – № 4, Т. 15. – С. 15–23.

33. Виттих, В.А. Мультиагентные модели взаимодействия в процессах принятия решений / В.А. Виттих, Г.А. Ржевский, П.О. Скобелев // Труды. – 2002. – С. 116–126.

34. Гаврилова, Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем: учебник / Т.А. Гаврилова, В.Ф.Хорошевский. – СПб.: Питер, 2000. – 384 с.
35. Гаврилова, Т.А. Онтологический подход к управлению знаниями при разработке корпоративных информационных систем / Т.А. Гаврилова // Новости искусственного интеллекта. – 2003. – № 2. – С. 24–30.
36. Галицков, К.С. Синтез интеллектуальных систем управления производством бетонных изделий и керамических материалов / К.С. Галицков // Промышленное и гражданское строительство. – 2015. – № 6. – С. 59–63.
37. Галицков, С.Я. Алгоритм корректировки массы извести в условиях нестационарности её активности, при производстве ячеисто-бетонной смеси / С.Я. Галицков, К.С. Галицков, С.В. Шломов // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 71-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР 2013 года / под ред. М.И. Бальзанникова, Н.Г. Чумаченко. – Самара, 2014. – С. 1011–1012.
38. Гарькина, И.А. Строительные материалы как системы / И.А. Гарькина, А.М. Данилов, Е.В. Королев // Строительные материалы. – 2006. – № 7. – С. 55–58.
39. Гастев, А.К. Методологические предпосылки разработки обновления и классификации стандартов / А.К. Гастев. – М.: Стандартизация и рационализация, 1933. – 71 с.
40. Гитман, М.Б. Организационный подход к управлению качеством продукции / М.Б. Гитман, В.Ю. Столбов, С.А. Федосеев // Стандарты и качество. – Пермь, 2012. – № 5. – 80 с.
41. Горчаков, Г.И. Состав, структура и свойства цементных бетонов / Г.И. Горчаков. – М.: Стройиздат, 1976. – 144 с.
42. ГОСТ 10060-2012 Бетоны. Методы определения морозостойкости. – М.: Стандартиформ, 2012. – 23 с.
43. ГОСТ 10178-85 Портландцемент и шлакопортландцемент. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 8 с.

44. ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – М.: Стандартинформ, 2013. – 7 с.
45. ГОСТ 12730.3-78 Бетоны. Метод определения водопоглощения. – М.: Стандартинформ, 2007. – 4 с.
46. ГОСТ 310.4-81 Цементы. Методы определения предела прочности. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 2 с.
47. ГОСТ 31108-2003 Цементы общестроительные. Технические условия. – М.: Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации, 2003. – 21 с.
48. ГОСТ 8735-88 Песок для строительных работ. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2006. – 26 с.
49. Грабовый, П.Г. Управление результативностью в инвестиционно-строительном комплексе: планирование, мониторинг и повышение уровня / П.Г. Грабовый, М.А. Луняков // Недвижимость: экономика, управление. – 2015. – № 2. – С. 11–13.
50. Гусакова, Е.А. Системотехника проектов девелопмента недвижимости: актуальные подходы и модели / Е.А. Гусакова // Экономика и предпринимательство. – 2017. – № 23. – С. 869–873.
51. Данилов, А.М. Методология проектирования сложных систем при разработке материалов специального назначения / А.М. Данилов, И.А. Гарькина // Известия вузов. Строительство. – 2013. – Т. 10. – С. 105–107.
52. Данилова, Ю.М. Разработка процедуры согласования позиций потребителя и производителя продукции при разработке стандарта / Ю.М. Данилова, Г.Ш. Рубин, М.А. Полякова // Актуальные вопросы науки и техники. – 2015. – С. 168–171.
53. Дворкин, Л.И. Испытания бетонов и растворов. Проектирование их составов / Л.И. Дворкин, В.И. Гоц, О.Л. Дворкин. – М.: Инфра-Инженерия, 2016. – 432 с.

54. Дворкин, Л.И. Расчетное прогнозирование свойств и проектирование составов бетонов / Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. – 2-е изд. – М.: Инфра-Инженерия, 2016. – С. 386.

55. Дементьева, М.Е. Техническая эксплуатация зданий: оценка и обеспечение эксплуатационных свойств конструкций зданий : учебное пособие / М.Е. Дементьева. – М.: Московский государственный строительный университет, 2008. – 227 с.

56. Елисеев, А.А. Модели и методы анализа устойчивости произведенных процессов в условиях неопределенности: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / Елисеев Александр Сергеевич. – Пермь, 2013. – 129 с.

57. Залунина, О.М. Методология определения ключевых факторов влияния функционирования строительного предприятия / О.М. Залунина // Вісник Одеського національного університету. Серія: економічні науки. – 2014. – № 6. – С. 44–51.

58. Залунина, О.М. Экономическое измерение управленческих решений в строительном секторе / О.М. Залунина // ScienceRise. – 2015. – № 9. – С42-49.

59. Затонский, А.В. Информационные технологии. Разработка информационных моделей и систем: учебное пособие / А.В. Затонский. – Пермь.: Изд-во Перм. гос. техн. ун-т, Березниковский филиал, 2011. – 488 с.

60. Зворыкина, Т.И. Система технического регулирования в сфере услуг: вопросы теории и проблемы развития в условиях рыночной экономики / Т.И. Зворыкина / ГОУВ ПО «МГКС». – М., 2005. – 158 с.

61. Зиновкин, В.В. Многопараметрическая система автоматизированного управления технологическим процессом приготовления газобетона / В.В. Зиновкин, Э.М. Кулинич // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2009. – Т. 38. – С. 38.

62. Изотов, В.С. Суперпластификаторы в технологии изготовления композиционного бетона / В.С. Изотов, Ю.А. Соколова. – М.: Палеотип, 2006. – 244 с.

63. Ильин, И.В. Поведение потребителей / И.В. Ильин. – СПб.: Питер, 2000.

64. Инструментальные средства соединения креативности и технологичности в задачах субъектно-ориентированного управления [Электронный ресурс]/ В.А. Харитонов, А.В. Вычегжанин, Д.Н. Кривоги́на, А.М. Гревцев, Н. И. Сафонов // Управление экономическими системами. – 2017. – № 7 (101). – 11 с. – Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_29820412_50845467.PDF (дата обращения: 02.10.2018).

65. Интеллектуальные технологии обоснования инновационных решений: моногр. / В.А. Харитонов, И.В. Ёлохова, В.И. Стаматин, А.А. Белых, Р.Ф. Шайдулин, А.О. Алексеев, М.В. Лыков, И.Р. Винокур, Е.А. Калошина, К.А. Гуреев; под науч. ред. В.А. Харитонова. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – 342 с.

66. ИПС-200 пресс гидравлический. Руководство по эксплуатации. – Армавир, 1962. – 32 с.

67. Казачек, В.Г. Совершенствование нормируемых методов обеспечения надежности железобетонных конструкций при проектировании и обследовании зданий и сооружений / В.Г. Казачек // Предотвращение аварий зданий и сооружений: сб. науч. тр. – 2010. – Вып. 9. – С. 65–77.

68. Калинин, В.М. Оценка технического состояния зданий / В.М. Калинин, С.Д. Соколов. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 268 с.

69. Канеман, Д. Принятие решений в неопределенности. Правила и предубеждения / Д. Канеман, П. Словик, А.Тверски. – Харьков: Гуманитарный центр, 2014. – 544 с.

70. Квантификация предпочтений хозяйствующих субъектов управления в задачах цифровой экономики: монография / В.А. Харитонов, А.О. Алексеев, А.В. Вычегжанин, А.М. Гревцев, М.С. Дмитрюков, Д.Н. Кривоги́на, В.С. Спирина, Р.Ф. Шайдулин, Л.К. Гейхман; под ред. В.А. Харитонова. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2018. – 32 с.

71. Кычкин А.В. Проектирование ИОТ-платформы для управления энергоресурсами интеллектуальных зданий / А.В. Кычкин, А.И. Дерябин, О.Л. Викентьева, Л.В. Шестакова // Прикладная информатика. – 2018. – Т. 13, № 4 (76). – С. 29–41.

72. Концепция автоматизации и управления технологическими процессами производства газобетона автоклавного твердения / В.А. Шаманов, С.В. Леонтьев, В.А. Голубев, В.А. Харитонов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2015. – Т. 5. – С. 558–563.

73. Кривогина, Д.Н. Проектирование производства ассортимента строительных материалов на основе методов системного анализа / Д.Н. Кривогина // Вестник ВГУИТ. – 2018. – Т. 80, № 2. – С. 130–137. – DOI:10.20914/2310-1202-2018-2-130-137

74. Кривогина, Д.Н. Современные сложные системы управления / Д.Н. Кривогина, В.А. Харитонов // Исследование проблемы обеспечения отношения строгого порядка на конечном множестве альтернатив в задачах ранжирования / выбора: материалы XII международной научно-практической конференции – Липецк: Липецкий государственный технический университет, 2017.

75. Кривогина, Д.Н. Концепция субъектно-ориентированной оптимизации технологических процессов производства ассортимента строительных материалов / Д.Н. Кривогина, В.А. Харитонов // Вестник ИжГТУ им. М.Т. Калашникова. – 2018. – Т. 21, № 2. – С. 167–172.

76. Кривогина, Д.Н. Концепция субъектно-ориентированной оптимизации технологических процессов производства ассортимента строительных материалов / Д.Н. Кривогина, В.А. Харитонов // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2018. – № 2 (10). – С. 98–105.

77. Кривогина, Д.Н. Оптимизация производства ассортимента строительных материалов на основе методов системной инженерии / Д.Н. Кривогина // Прикладная математика и вопросы управления. – 2018. – № 2. – С. 79–94. – DOI: 10.15593/2499-9873/2018.2.05

78. Кривогина, Д.Н. Парадигма инженерной поддержки технологий субъектно-ориентированного управления [Электронный ресурс] / Д.Н. Кривогина, В.А. Харитонов, А.О. Алексеев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный

журнал КубГАУ). – 2015. – № 112 (08). – С. 22. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/08/pdf/15.pdf>. (дата обращения: 02.10.2018)

79. Крючков, В.А. Развитие методологии управления качеством и конкурентоспособностью строительной продукцией // Экономика и социум: современные модели развития. – 2017. – № 15. – С. 32–41.

80. Леонтьев, С.В. Оптимизация структуры и свойств теплоизоляционного автоклавного газобетона: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Леонтьев Степан Васильевич. – Казань, 2016. – 197 с.

81. Лоскутов, А.Ю. Основы теории сложных систем / А.Ю. Лоскутов, А.С. Михайлов / НИЦ «Регулярная и стохастическая динамика». – Ижевск, 2007. – 612 с.

82. Литвинов, Ф.И. Анализ и оценка эффективности инвестиций в повышение технологического уровня, механизации и автоматизации строительного производства / Ф.И. Литвинов // Экономика и социум: современные модели развития. – 2017. – С. 80–91.

83. Сорокин, М.Г. Информационная система анализа параметров и условий эксплуатации строительных объектов: дис. ... канд. техн. наук: 05.25.05 / Сорокин Максим Геннадьевич. – 2004. – 172 с.

84. Манакова, Е.В. Стратегическое маркетинговое управление: проблемы и решения / Е.В. Манакова // Вестник Московской государственной академии делового администрирования. Сер. Экономика. – 2010. – № 6. – С. 118–124.

85. Маркова, Е.П. Планирование эксперимента в условиях неоднородностей / Е.П. Маркова, А.Н. Лисенков. – М.: Наука, 1973. – 221 с.

86. МДС 81-35.2004. Методика определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации. – М., 2004.

87. Меликян, О.М. Поведение потребителей. – М.: Дашков и Ко, 2008. – 138 с.

88. Методы определения коэффициентов важности критериев / А.М. Анохин, В.А. Глотов, В.В. Павельев, А.М. Черкашин // Автоматика и телемеханика. – 1997. – № 8. – С. 3–35.

89. Методика оценки оптимального ассортимента предприятия по производству геотекстильных строительных материалов / С.В. Федосеев, Н.А. Грузин-

цева, М.А. Лыскова, Б.Н. Гусев, Т.Ю. Никитина, Н.Е.Никифорова // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2015. – С. 49–55.

90. Михеев, Д.В. Актуальные вопросы развития стройиндустрии и промышленности строительных материалов / Д.В. Михеев // Строительные материалы. – 2016. – № 6. – С. 3–6.

91. Морозов, Ю.Л. Система управления характеристиками товарного бетона на основе информационных технологий / Ю.Л. Морозов // Строительные материалы. – 2001. – Т. 8. – С. 21–25.

92. Мухина, М.К. Изучение стиля жизни потребителей и сегментирование рынка на основе психографических типов [Электронный ресурс] / М.К. Мухина // Маркетинг в России и за рубежом. – 2000. – Т. 3. – Режим доступа: <http://www.mavriz.ru/articles/2000/3/262.html> (дата обращения: 23.01.2017).

93. Мушик, Э. Методы принятия технических решений / Э. Мушик, П. Мюллер. – М.: Мир, 1990. – 248 с.

94. Мыльников, Л.А. Поддержка принятия решений при управлении инновационными проектами / Л.А. Мыльников. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2010. – 245 с.

95. Мыльников, Л.А. Подход к прогнозированию развития и управления жизненным циклом инвестиционных проектов / Л.А. Мыльников // Управление большими системами. – М.: ИПУ РАН, 2007. – № 29. – С. 293–307.

96. Наумов, В.Н. Модели поведения потребителей в маркетинговых системах: учебное пособие / В.Н. Наумов; под ред. Г.Л. Багиева. – СПб., 2009. – 240 с.

97. Некоторые подходы к анализу и синтезу сложных систем / Е.А. Будылина, И.А. Гарькина, А.М. Данилов, Я.И. Сухов // Молодой ученый. – 2013. – Т. 10. – С. 105–107.

98. Новиков, Д.А. Нечеткие сетевые системы комплексного оценивания / Д.А. Новиков, А.Л. Суханов // Информационная экономика: сборник трудов. – 2005. – 145 с.

99. О необходимости системного подхода к научным исследованиям в области комплексной безопасности и предотвращения аварий зданий и

сооружений / В.Н. Пономарев, В.И. Травуш, В.М. Бондаренко, К.И. Еремин // Архитектура. Строительство. Образование. – 2014. – № 2 (4). – С. 7–16.

100. Обзор существующих подходов к исследованию динамики качества продукции / В.Е. Пузанов, А.Г. Иваненко, И.В. Зотов, К.В. Подмастерьев // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2014. – № 1. – С. 49–58.

101. Одиноков, С.А. Статистические методы описания и анализа изменчивости технологических процессов в системах менеджмента качества / С.А. Одиноков, М.А. Семушкин, А.Н. Яшин // Технология металлов. – 2007. – Т. 10. – С. 45–50.

102. Определение степени влияния критерия на комплексную оценку / С.А. Баркалов, В.Н. Бурков, Е.А. Власова, А.Е. Кравцов // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2009. – Т. 5, № 9. – С. 33–36.

103. Павлова, Ю.Н. Современные перспективы развития системы ценообразования в строительстве / Ю.Н. Павлова // Современные тенденции в экономике и управлении: новый взгляд. – 2010. – Т. 2, № 4. – С. 10–12.

104. Пименов, С.И. Повышение ранней прочности тяжелых бетонов механохимической активацией цементной суспензии с эффективными суперпластификаторами: дис. ... канд. техн. наук : 05.23.05 / Пименов Сергей Иванович. – 2017. – 192 с.

105. Писарева, Е.В. Модели потребительского предпочтения розничных торговых предприятий в формировании системы маркетинга торговой компании в современной экономике / Е.В. Писарева // Экономические науки. – 2011. – № 12. – С. 255–261.

106. Починчук, Н.Г. Современная автоматизированная система управления технологическими процессами бетоносмесительного узла / Н.Г. Починчук, А.В. Пахоменко, А.В. Фефелов // Жилищное строительство. – 2012. – № 6. – С. 32–37.

107. Подвальный, А.М. Стратегия обеспечения морозостойкости и долговечности бетонных и железобетонных конструкций [Электронный ресурс] / А.М. Подвальный. – Режим доступа: <http://www.pol-beton.ru/strategiya.html> (дата обращения: 18.03.2019).

108. Подиновский, В.В. Введение в теорию важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений / В.В. Подиновский. – М.: Физматлит, 2007. – 64 с.

109. Подиновский, В.В. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / В.В. Подвицкий, В.Д. Ногин. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1982. – 256 с.

110. Получение бетона заданных свойств / Л.А. Алимов, Г.И. Горчаков, В.В. Воронин, Ю.М. Баженов. – М.: Стройиздат, 1978.

111. Поляк, Б.Т. Введение в оптимизацию / Б.Т. Поляк. – М.: Наука, 1983. – 384 с.

112. Попов, А.Л. Системы поддержки принятия решений: учебно-методическое пособие / А.Л. Попов. – Екатеринбург: Изд-во Уральского государственного университета, 2008. – 80 с.

113. Попов, К.Н. Строительные материалы и изделия / К.Н. Попов, М.Б. Каддо / под ред. Н.П. Ульянова, Г.Ф.Слипченко. – М.: Высшая школа, 2001. – 367 с.

114. Полевщиков, И.С. Модель и алгоритмы системы автоматизированного управления формированием сенсомоторных навыков у операторов технологических установок с применением компьютерных тренажеров: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.10 / Полевщиков Иван Сергеевич. – Пермь, 2018. – С. 147.

115. Принцип многомодельности в задачах моделирования индивидуальных предпочтений / А.А. Белых, Р.Ф. Шайдулин, К.А. Гуреев, А.О. Алексеев, В.А. Харитонов // Управление большими системами: сборник трудов. – 2010. – № 3. – С. 128–143.

116. Пустошкин, В.В. Оценка эффективности применения корпоративной системы управления как инновационного способа управления строительным проектом [Электронный ресурс] / В.В. Пустошкин. – Режим доступа: http://ubs.mtas.ru/bitrix/components/bitrix/forum.interface/show_file (дата обращения: 18.03.2019).

117. Путовойт, К.С. Общая постановка задачи управления процессом формирования качества продукции промышленного предприятия / К.С. Путовойт,

В.Ю. Столбов, М.Б. Гитман // XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014. – М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2014. – С. 4846.

118. Разработка методики формирования конкурентоспособного ассортимента предприятия по производству строительных материалов / Н.А. Грузинцева, М.А. Лысова, Е.Н. Никифорова. Б.Н. Гусев // Известия вузов. Строительство. – 2015. – № 6. – С. 37–42.

119. Рамачандран, В.С. Добавки в бетон: справочное пособие / В.С. Рамачандран. – М.: Стройиздат, 1988. – 575 с.

120. Резников, А.В. Системный анализ и методы системотехники / А.В. Резников. – М.: Министерство обороны СССР, 1990. – 522 с.

121. Реклейтис, Г. Оптимизация в технике / Г. Реклейтис, А. Рейвиндран, К. Регсдел. – М.: Мир, 1986. – Т. 1, 2. – 567 с.

122. Моделирование бизнес-процессов. – М.: Стандарты и качество, 2004. – 398 с.

123. Рубин, Г.Ш. Математическая модель процедуры согласования позиций потребителя и изготовителя / Г.Ш. Рубин, Ю.М. Данилова, М.А. Полякова // Журнал Сибирского федерального университета. Сер. «Техника и технология». – 2015. – № 8. – С. 665–662.

124. Рыков, А.С. Методы системного анализа: Многокритериальная и нечеткая оптимизация, моделирование и экспертные оценки / А.С. Рыков. – М.: Экономика, 1999. – 233 с.

125. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.

126. Саати, Т. Аналитическое планирование. Организация систем / Т. Саати, К. Крене. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.

127. Савицкий, Н.В. Основы расчета надежности железобетонных конструкций в агрессивных средах: дис. ... докт. техн. наук: 05.23.01 / Савицкий Николай Васильевич. – 1994. – 399 с.

128. Сафонов, Н.И. Укрощение субъективности в задачах автоматизации и управления технологическими процессами / Н.И. Сафонов, В.А. Харитонов, Д.Н. Кривоги́на // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2017. – Т. 8, № 4. – С. 79–88.

129. Сахал, Д. Технологический процесс: концепции, модели, оценки: пер. с англ. – М.: Финансы и статистика, 1985. – 234 с.

130. Семенов, И.Б. Комплексное оценивание в задачах управления системами социально-экономического типа. Препринт / И.Б. Семенов, С.А. Чижов, С.В. Полянский. – М.: Институт проблем управления, 1996. – 67 с.

131. Сетков, В.И. Строительные конструкции / В.И. Сетков, Е.П. Сербин. – М.: Инфра-М, 2007. – С. 448.

132. Системная инженерия. Принципы и практика / А. Косяков, У. Свит, С. Сеймур, С. Бимер. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 624 с.

133. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования. – М.: Госстрой СССР, 1985. – 78 с.

134. СНиП 3.09.01-85. Производство сборных железобетонных конструкций и изделий. – М.: Госстрой СССР, 2009.

135. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменениями № 1, 2). – М.: Минрегион России, 2012. – 109 с.

136. Строительные материалы: учебник для вузов / В.Г. Микульский, Г.И. Горчаков, Г.И. Козлов, В.В. Куприянов, Л.П. Орендлихер. – М.: АСВ, 2000. – 536 с.

137. Современные строительные технологии / под ред. С.Г. Головнева. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2010. – 268 с.

138. Управление качеством технологических процессов / С.А. Одинокоев, В.С. Родинов, А.А. Калинин, В.А. Васильев. – М.: ЛАТМЭС, 2001. – 322 с.

139. Управление экологически значимыми параметрами производства строительных материалов / Д.Н. Кривоги́на, Н.И. Сафонов, В.А. Харитонов, А.В. Вычегжанин // Вестник Пермского национального исследовательского политехни-

ческого университета. Прикладная экология. Урбанистика. – Пермь. – 2017. – № 2. – С. 40–52. – DOI: 10.15593/2409-5125/2017.02.04.

140. Фейгенбаум, А. Контроль качества продукции / А. Фейгенбаум, А.В. Гличев. – М.: Экономика, 1986. – 471 с.

141. Халафян, А.А. Промышленная статистика: Контроль качества, анализ процессов, планирование экспериментов в пакете Statistica / А.А. Халафян. – М.: ЛИБРОКОМ, 2013. – 656 с.

142. Харитонов, В.А. Концепция субъектно-ориентированного управления в социальных и экономических системах [Электронный ресурс] / В.А. Харитонов, А.О. Алексеев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – 2015. – Т. 109, № 05. – С. 690–706. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/05/pdf/43.pdf> (дата обращения: 28.03.2018).

143. Харитонов, В.А. Механизмы субъектно-ориентированного ценообразования в задачах управления венчурными проектами / В.А. Харитонов, Л.К. Гейхман, Д.Н. Кривоги́на // Вестник Пермского университета. Сер. «Экономика» = Perm University Herald. Economy. – 2017. – Т. 12, № 1. – С. 61–77.

144. Харитонов, В.А. Системные связи компонентов управления ассортиментом строительных материалов / В.А. Харитонов, Д.Н. Кривоги́на // Доклады ТУСУР– 2018. – Т. 21, № 3. – С. 130–137.

145. Хафизов, Т.М. Способ формирования железобетонных конструкций посредством опускающегося бетона / Т.М. Хафизов, А.Х. Байбу́рин // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Сер.: Строительство и архитектура. – 2018. – С. 45–50.

146. Чикин, А.В. Производство строительных материалов с использованием новейшего отечественного оборудования / А.В. Чикин // Кровельные и изоляционные материалы. – 2013. – С. 28–32.

147. Шайдулин, Р.Ф. Инструментальные средства интеллектуальной поддержки принятия решений в задачах управления сложными объектами (на

примере городских лесничеств): дис. ... канд. экон. наук: 08.00.13 / Шайдулин Роман Фаритович. – Пермь, 2014 . – С. 182.

148. Шаманов, В.А. Управление процессом дозирования компонентов автоклавного газобетона в условиях нестабильности качества сырья на основе моделей и алгоритмов интеллектуальной поддержки: автореф. дис. ... канд. техн. наук:05.13.06 / Шаманов В.А. – Пермь, 2015 . – С. 20.

149. Шишкина, С.В. Автоматизация процесса приготовления бетонной смеси как средство повышения эффективности производства бетона / С.В. Шишкина, А.Ю. Филатова // Вестник Московского государственного строительного университета. – 2011. – С. 248–251.

150. Яковенко, Е.Г. Циклы жизни экономических процессов, объектов и систем / Е.Г. Яковенко. – М.: Наука, 1991. – 192 с.

151. Ясницкий, В.Л. Нейросетевое моделирование процессов массовой оценки и сценарного прогнозирования рыночной стоимости жилой недвижимости: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.13 / Ясницкий Виталий Леонидович. – Пермь, 2018. – С. 159.

152. Abrahamsson, S. Integrated Management Systems – Testing a Model for Integration / S. Abrahamsson // Organizational Excellence in Services: 14th Toulon-Verona Conference, September 1–3. – 2011. – P. 15–28.

153. Alexander, C. The Timelles Way of Building / C. Alexander. – Oxford: Oxford Universiti Press, 1979.

154. Al-Taan, S.A. Bearing Capacity of Steel Fibrous Concrete / S.A. Al-Taan, J.A. Al-Hamdony // Al-Rafidain Engineering. – 2005. – Vol. 14. – P. 11.

155. Anant R. High Capacity Cubical Device and Multi-Axial Testing for Constitutive Modeling of Concrete / R. Anat, M.Kukreti, K.Z. Dhanada, A. Mishra// Anisotropy and Localization of Plastic Deformation. – 2004. – P. 221–224.

156. Barbera, S. Voting under Constraints / S. Barbera, J. Masso, A. Neme // Journ. Econ. Theory. – 1997. – Vol. 76. – P. 298–321.

157. Barkalov, S.A. Quality Assessment Of A Multistage Process In The Case Of Continuous Response Functions From Resource Influences / S.A. Barkalov, O.J. Kravets, E.S. Podvalny // Automation and Remote Control. – 2015. – Vol.76, № 3. – P. 500–506.

158. Barkalov, S.A. Modeling Of Production Activity Of A Construction Enterprise Under Analyzed Law Of Distribution [Электронный ресурс] / S.A Barkalov, P.N. Kurochka // 2017 Tenth International Conference Management of Large-Scale System Development (MLSD). – 2017. – Vol. 138. – 4 p. – Mode of access: 10.1109/MLSD.2017.8109599. – Title from screen.

159. Building Global Change Resilience: Concrete Has the Potential to Ameliorate the Negative Effects of Climate-Driven Ocean Change on a Newly-Settled Calcifying Invertebrate / B. Mos, S.A Dworjanyyn, L.T. Mamo, B.P. Kelaher // Science of the Total Environment. – 2019. – № 646 – P. 1349–1358. – DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.07.379

160. Blanchard, B. System Engeniring and Analusis / B Blanchard, W. Fabrycky. Fourth Edition. – Prentice Hall, 2006, Chapters 4, 5.

161. Experimental Study on the Mechanical Properties and Microstructure of Chopped Basalt Fibre Reinforced Concrete / J. Chaohua, Ke Fan, Fei Wu, Da Chen // Materials and Design. – 2014. – Vol 58. – P. 187.

162. Clemen, R. Making Hard Decisions with DecisionTools suite / R. Clemen, T Reilly. – Duxbury Press, 2010.

163. Digital Engineering Intuition and Quantification of Mental Variables of Cognition Subjects in the Processes of Comprehension of the Surrounding World / V. Kharitonov, A. Alekseev, D. Krivogina, V. Spirina, R. Shaydullin, N. Safonov // Digital Science : [sel. papers from the 2018 Intern. Conf. on Digital Science (DSIC'18), Budva, Montenegro, Oct. 19–21, 2018] / Ed. T. Antipova, A. Rocha; Springer. – Cham: Springer, 2019. – P. 191–199. (Advances in Intelligent Systems and Computing, ISSN 2194-5357 ; vol. 850). - ISBN 978-3-030-02350-8.

164. Ellad, T. Modeling Materials / T. Ellad, R.E. Miller. – Cambridge University Press, 2011.

165. Improving the Quality of the Industrial Enterprise Management Based on the Network-Centric Approach / S.A. Fedoseev, M.B. Gitman, V.Yu. Stolbov, K.S. Pustovoyt // R-Economy. – 2015. – P. 608–617.

166. Garkina, I.A. Materials as Complex Sustem / I.A. Garkina, A.M. Danilov, V.P. Selyaev // Yournal of Engineering and Applied Scienses. – 2016. – Vol. 11. – P. 2461–2464.

167. Human, B. *Fundamentals of Engineering Design* / B. Human. – Second ed. – Prentice Hall, 2003. Chapters 1.5.6.10.

168. Hakansson, H. *Construction Companies and How They Acquire Knowledge through Business Interaction* / H.Hakansson // *The IMP Journal*. – 2011. – Vol. 2. – P. 67–78.

169. Hanus, M.J. *Nanotechnology Innovations for the Construction Industry* / M.J. Hanus, A. T. Harris // *Progress in Materials Science*. – 2013. – Vol. 58. – P. 1056.

170. Krivogina, D. *The Assortment Approach to the Selection of Building Materials for the Construction of Real Estate* / D. Krivogina, N. Safonov, V. Kharitonov // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – 2019. – Vol. 481 (1). – P. 012055

171. Loginovskii, O. V. *The Formation of IT Systems of Industrial Enterprises on the Basis of Standard Design Options and Unification of Subsystem Interconnection Modules [Электронный ресурс]* / O.V. Loginovskii, Ya.D. Gelrud, N.V. Plotnikova // 2016 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM): Proc., Chelyabinsk, Russia, May 19–20, 2016 / South Ural State Univ. (nat. research univ.). – New York: IEEE, 2016. – 4 p. – URL: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7910891/>

172. Marakas, G.M. *Decision Support Systems* / G.M. Marakas . – Prentice Hall, 2001.

173. Nguyen, G.D. *Damage-Plasticity Modelling of Concrete: Calibration of Parameters using Separation of Fracture Energy* / G.D. Nguyen, A.M. Korsunsky // *International Journal of Fracture*. – 2006. – Vol. 39. – P. 325–332.

174. Narayanan, N. *Structure and Properties of Aerated Concrete: a Review* / N. Narayanan, K. Ramamurthy // *Cement & Concrete Composites*. – 2000. – Vol. 22. – P. 321.

175. Moës, N. *Crack Models Based on the Extended Finite els Based on the Extended Finite* / N. Moës // *Numerical Modeling of Concrete Cracking*. – 2013. – P. 221–264.

176. Ren Q.W. Numerical Modeling of Concrete Hydraulic Fracturing with Extended Finite Element Method / Q.W. Ren, Yu.W. Dong, T.T. Yu // Science in China Series E: Technological Sciences. – 2009. – P. 559–565.

177. Reilly, N.B. Successfull Systems for Engineers and Menagers / N.B. Reilly. – Van Nostrand Reinhold, 1993. – Chapters 8–10.

178. Rohden, A.B. Increasing the sustainability potential of a reinforced concrete building through design strategies: Case study / A.B. Rohden, M.R Garcez // Case Studies in Construction Materials. – 2018. – № 9. – P. 174. – DOI: 10.1016/j.cscm.2018.e00174

179. Sage, A.P. Dacision Support Systems Enginiring / A.P. Sage. – John Wiley&Sons, Ins., 1991.

180. Sage, A.P. Systems Engeniring / A.P. Sage. – McGraw Hill, 1992. – Chapter 2.

181. Turban, E. Decisions Support and Intelligence Systems / E. Turban, R. Sharada, D. Delan. – Ninth Edition. – Prentice Hall, 2010.

182. Volety, I.V. Modeling of fiber reinforced polymer confined concrete cylinders / I.V. Volety . – Hyderabad : Chaitanya Bharathi Institute of technology, 2003. – 101 p.

СПИСОК ИЛЛЮСТРАТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рисунок 1 – Области значений характеристик строительных материалов, соответствующие нормативным требованиям	15
Рисунок 2 – Формирование области соответствия нормативным требованиям по принципу унификации полного набора характеристик строительного материала.....	16
Рисунок 3 – Ассортиментный подход в информационном моделировании зданий.....	17
Рисунок 4 – Схема переделов процесса производства изделий из бетона....	19
Рисунок 5 – Схема приготовления бетонной смеси	21
Рисунок 6 – Группы параметров управления изготовлением изделий	23
Рисунок 7 – Основные эксплуатационные факторы, воздействующие на строительные конструкции объекта недвижимости.....	29
Рисунок 8 – Обобщенная схема концепции управления ассортиментом строительных материалов и конструкций на основе учета условий эксплуатации и функционального назначения	34
Рисунок 9 – Установление строгого порядка на множестве альтернатив	39
Рисунок 10 – Сложившаяся (<i>a</i>) и неманипулируемая (<i>б</i>) система решения задач выбора на представленном множестве альтернатив	41
Рисунок 11 – Построение универсальной функции приведения для характеристики «цена»	44
Рисунок 12 – Сравнение результатов ранжирования трех, пяти и восьми альтернатив интуитивным и автоматизированным способами.....	46
Рисунок 13 – Определение подвижности смеси	52
Рисунок 14 – Карты Парето-функций отклика для характеристик смеси	59
Рисунок 15 – Построение модели множества альтернатив в программном продукте «Декон – СМ»	63
Рисунок 16 – Трехмерный график характеристики материала и его проекция на плоскость	63

Рисунок 17 – Матрицы-массивы характеристик готовой продукции, строящиеся на основе предпочтений потребителя.....	64
Рисунок 18 – Матрицы-массивы характеристик готовой продукции, строящиеся на основе предпочтений производителя.....	66
Рисунок 19 – Функции приведения характеристик готового продукта, построенные экспертами с позиции предпочтений потребителей и производителей.....	67
Рисунок 20 – Процедура субъектно-ориентированного ценообразования на основе модели рынка одного продукта.....	71
Рисунок 21 – Иллюстрация процесса неманипулируемого и сбалансированного ценообразования.....	72
Рисунок 22 – Процедура ранжирования характеристик материала с учетом предпочтений потребителя.....	76
Рисунок 23 – Процедура ранжирования характеристик материала с учетом предпочтений производителя.....	76
Рисунок 24 – Процесс определения рабочей точки для характеристики «прочность при сжатии».....	77
Рисунок 25 – Комплексная оценка привлекательности альтернативы №1 для производителя с нормой прибыли от себестоимости продукта на 60%....	78
Рисунок 26 – Удовлетворенность процессом роста нормы прибыли участниками ценообразования.....	78
Рисунок 27 – Ценообразование для альтернативы № 1.....	79
Рисунок 28 – Жизненный цикл объекта недвижимости.....	82
Рисунок 29 – Модель системы управления проектированием и производством ассортимента строительных материалов и конструкций.....	84
Рисунок 30 – Спиралевидная модель жизненного цикла системы управления характеристиками материалов строительных конструкций.....	85
Рисунок 31 – Структурная схема подсистемы информационного обеспечения разработки АСК.....	86

Рисунок 32 – Архитектура информационной системы выбора характеристик строительных материалов конструкций объектов недвижимости.....	87
Рисунок 33 – Схема функциональных потоков информационной системы.....	89
Рисунок 34 – Произвольное построение дерева критериев.....	91
Рисунок 35 – Иерархические деревья характеристик объекта и коэффициентов свертки.....	93
Рисунок 36 – Алгоритм системы управления выбором характеристик строительных материалов	101
Рисунок 37 – Алгоритм исследования альтернативных строительных материалов	105
Рисунок 38 –Алгоритм поиска альтернатив СМ в рамках решения многокритериальной задачи выбора	106
Рисунок 39 – Процесс усечения недопустимых альтернатив СМ по заданной изопрайсе.....	107
Рисунок 40 –Алгоритм стандартной программы « $x_1 > x_1^*$ » усечения массива $M_{\hat{x}}$ выставкой признака $z (z = 0)$ в области, соответствующей ограничению на значения ячеек в массиве M_{x_1} в виде $x_1 > x_1^*$	108
Рисунок 41 – Процедура ранжирования и определения взвешенных коэффициентов потребителем	114
Рисунок 42 – Согласованная цена для альтернатив № 1, 2, 3	116
Рисунок 43 – Комплексное оценивание альтернатив потребителем.....	117
Рисунок 44 – Процедура комплексного оценивания альтернатив СМ производителем	117
Рисунок 45 – Протокол определения прочности бетонных плит при помощи склерометра Beton control № 11096	126
Рисунок 46 – Дефекты и повреждения ригеля.....	127
Рисунок 47 – Коррозия рабочей арматуры на 100 % сечения и сквозные отверстия в перекрытии.....	128

Рисунок 48 – Схема расстановки оборудования на формовочном посту № 1	136
Рисунок 49 – Установка для изготовления плит перекрытия многopустотных	140
Рисунок 50 – Определение взвешенных коэффициентов характеристик строительного материала.....	144
Рисунок 51 – Процедура определения комплексных оценок альтернатив строительных материалов	145
Рисунок 52 – Сравнение результатов ранжирования альтернатив на основе интуитивного и механизированного (программа «Джобс-Декон») подходов	147
Рисунок 53 – Продолжительность эффективной эксплуатации элементов зданий по параметрам характеристик «морозостойкость» и «прочность на сжатие»	148
Рисунок 54 – Оценка эффективности ассортиментного подхода к задаче оптимизации СМ	149
Рисунок 55 – Расширение множества альтернатив СМ за счет варьирования параметрами управления (добавкой)	150

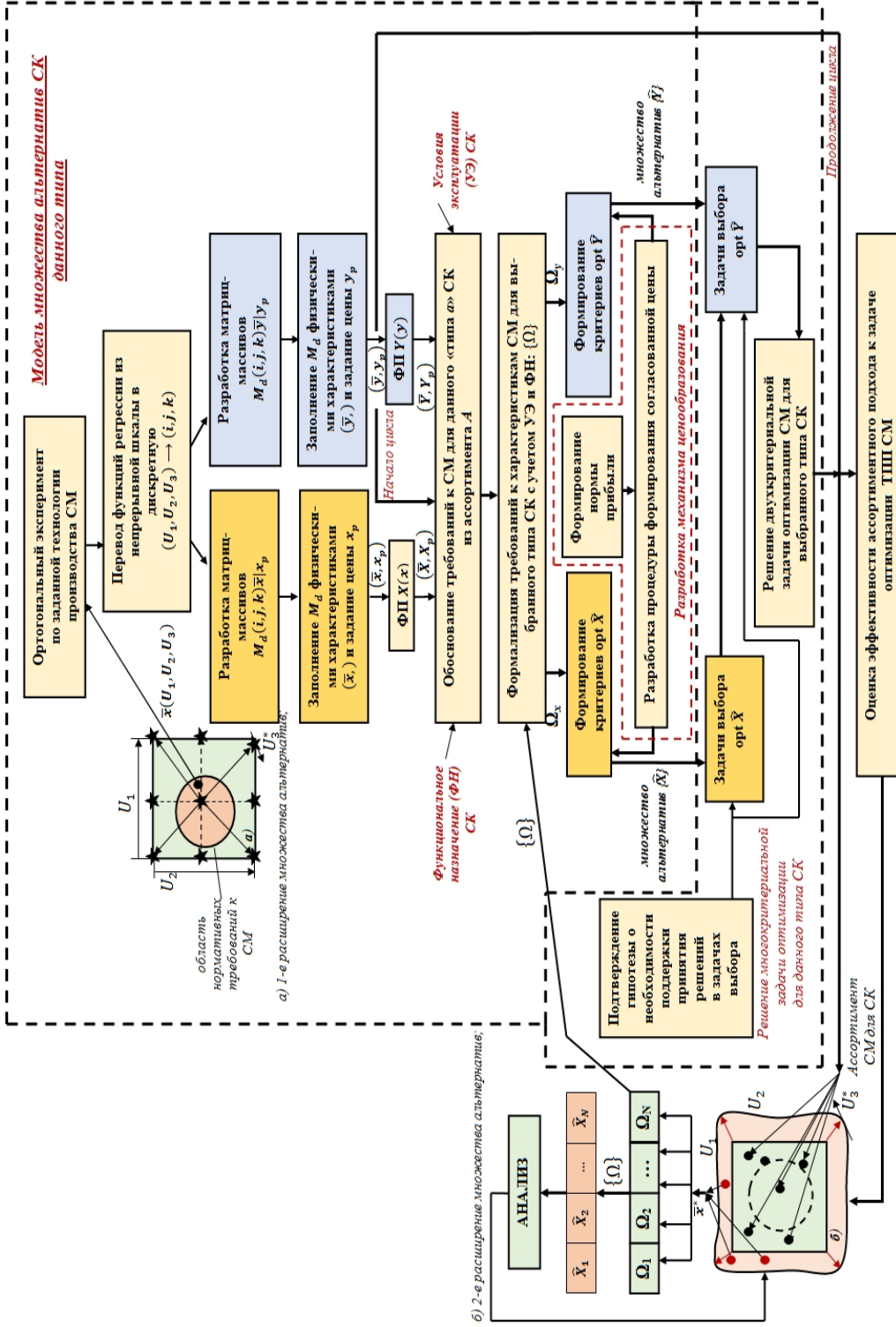
СПИСОК ТАБЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Таблица 1 – Основные технико-экономические показатели сырья.....	23
Таблица 2 – Показатели качества сырья и методики их определения	25
Таблица 3 – Параметры управления изготовлением строительных материалов	26
Таблица 4 – Параметры (множество характеристик) готового продукта	27
Таблица 5 – Основные требования к строительным материалам, предназначенным для изготовления конструкций	31
Таблица 6 – Множество альтернатив <i>m</i> строительных материалов из бетона.....	41
Таблица 7 – Значения параметров характеристик материала из бетона, необходимых для построения функций приведения.....	44
Таблица 8 – Результаты ранжирования альтернатив респондентами и вычисление среднего показателя.....	45
Таблица 9 – Основные компоненты смеси и показатели, которые следует учитывать при выборе.....	50
Таблица 10 – Исходные данные для проектирования состава бетона	51
Таблица 11 – Теоретический расход сырья на 1 м ³ готовой продукции.....	53
Таблица 12 – Факторы управления и интервалы их варьирования	55
Таблица 13 – План эксперимента и натуральные значения переменных в каждой точке плана	55
Таблица 14 – Определение физико-механических свойств материала	56
Таблица 15 – Уравнения регрессии в натуральных величинах для каждого показателя качества в соответствии с матрицами планирования	58
Таблица 16 – Расчет опытных значений коэффициента Фишера	61
Таблица 17 – Результаты оценки адекватности математических моделей... ..	61
Таблица 18 – Параметры проверки адекватности математических моделей.....	62
Таблица 19 – Характеристики альтернативы строительного материала № 1.....	74

Таблица 20 – Композиция моделей предпочтений потребителя и производителя.....	79
Таблица 21 – Эксплуатационные требования к строительным конструкциям	95
Таблица 22 – Требования к материалу строительных конструкций	97
Таблица 23 – Требования к строительным конструкциям.....	98
Таблица 24 – Требования к строительным материалам.....	99
Таблица 25 – Основные типы принятия решений при оптимизации ассортимента СМ.....	100
Таблица 26 – Процесс усечения матрицы-массива $(M_{x_1}(i, j)_k, x_1 \in \bar{x})$	110
Таблица 27 – Процесс усечения матрицы-массива $(M_{x_2}(i, j)_k, x_2 \in \bar{x})$	110
Таблица 28 – Процесс усечения матрицы-массива $(M_{x_3}(i, j)_k, x_3 \in \bar{x})$	111
Таблица 29 – Процесс усечения матрицы-массива $(M_{x_4}(i, j)_k, x_4 \in \bar{x})$	111
Таблица 30 – Массив области альтернатив с оптимальным набором характеристик материала для ассортиментной единицы №1	112
Таблица 31 – Процесс усечения матрицы-массива $M_{y_1}(i, j)_k, y_1 \in \bar{y}$	112
Таблица 32 – Процесс усечения матрицы-массива $M_{y_2}(i, j)_k, y_2 \in \bar{y}$	113
Таблица 33 – Основные характеристики материала допустимых альтернатив СМ	113
Таблица 34 – Предпочтения потребителя и производителя для осуществления процедуры ценообразования для заданных альтернатив.....	115
Таблица 35 – Массив области альтернатив с оптимальным набором характеристик материала для ассортиментной единицы № 2.....	118
Таблица 36 – Основные характеристики материала допустимых альтернатив для ассортиментной единицы № 2	118
Таблица 37 – Массив, включающий альтернативы с допустимым набором характеристик материала для изготовления ассортиментной единицы плит перекрытия № 3	120

Таблица 38 – Основные характеристики материала допустимых альтернатив для ассортиментной единицы № 3	120
Таблица 39 – Требования к строительным конструкциям.....	133
Таблица 40 – Требования к строительным материалам.....	134
Таблица 41 – Характеристики допустимых к реализации в производстве альтернатив строительного материала.....	135
Таблица 42 – Организация технологического процесса производства плит перекрытия.....	136
Таблица 43 – Результаты испытаний образцов бетона	141
Таблица 44 – Характеристики альтернатив строительных материалов из бетона	143
Таблица 45 – Ранжирование альтернатив по двум характеристикам интуитивным способом и при помощи механизма комплексного оценивания «Джобс-Декон».....	144
Таблица 46 – Ранжирование альтернатив по трем характеристикам интуитивным способом и при помощи механизма комплексного оценивания «Джобс-Декон».....	145
Таблица 47 – Ранжирование альтернатив по четырем характеристикам интуитивным способом и при помощи механизма комплексного оценивания «Джобс-Декон».....	146
Таблица 48 – Ранжирование альтернатив по пяти характеристикам интуитивным способом и при помощи программы комплексного оценивания «Джобс-Декон».....	146
Таблица 49 – Альтернативы СМ с максимальными значениями КО.....	151
Таблица 50 – Ресурсо- и энергозатраты при производстве плит перекрытия здания с размерами 66,0×42,0 м.	151

Концепция управления ассортиментом строительных материалов и конструкций в расширенном виде



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Данные испытаний образцов бетона (кубиков с размером ребер 10×10 см)

Число, смена	Фамилия бригадира, номенклатура продукции	Марка цемента и № банки	№ кубов	Класс бетона	Расход материалов на 1 м³ бетона			Средняя влажность	Кол-во кубов	Площадь куба	Показания манометра	Предел прочности кг/см²	Средний предел прочности кг/см²	Дата испытания	Вес куба, г	Примечания	Подпись
					W песка %	W щебня %	цемент										
Iв	Плотников	500	545	B15 П1	4	1	322	1308	962	100	185	17,6			2630		[Signature]
I	Собурянов	500	546	B10 Ж1	-	-	355	1292	812	100	344	32,2			2555		[Signature]
Iв	Плотников	500	547	B15 Ж1	-	-	303	1263	891	100	232	22,0			2550		[Signature]
Iв	Плотников	500	548	B15 П1	-	-	333	1280	910	100	235	22,3		8.09	2590		[Signature]
II	Логинов	500	549	B25 П1	-	-	334	1271	823	100	346	32,9			2530		[Signature]
II	Логинов	500	550	B30 П1	-	-	360	1227	837	100	360	34,2			2530		[Signature]
III	Угрюмов	500	551	B10 Ж1	-	-	343	1265	835	100	295	24,2			2510		[Signature]
IV	Плотников	500	552	B35 П1	-	-	548	1248	610	100	346	32,9			2545		[Signature]
II	Логинов			B15 Ж1			353	1276	823		по пред. B=20,2 см³			13.09		[Signature]	

Число смена	Фамилия бригадира, поменклатура продукции	Марка цемента и № банки	№ кубов	Класс бетона	W песка %	W щебня %	Расход материалов на 1 м³			Прочность	Средняя прочность	Дата испытания	Вес куба, г	Примечания	Подпись
							цемент	щебень	песок						
	Гр. Волнинов	500	538	B25W	5	1	354	1284	831						
	Гуарраша			F45				кан							
	Гр. Волнинов	500	539	B30W	-	-	416	1193	725						
	Колошин							кан							
	Гр. Волнинов	500	540	B25W	-	-	344	1360	848						
	ЛС			F200W				кан							
09.09	И. Угрюмов	500	540	B30W	4	1	244	1304	884						
10.09	З. Д.			F45				кан							
	И. Угрюмов	500	541	B30W	-	-	354	1282	811						
	З. Д.			F45				кан							
	И. Угрюмов	500	542	B30W	4	1,5	250	1297	848						
	З. Д.			F45				кан							
	И. Угрюмов	500	543	B30W	4	1	338	1331	860						
	З. Д.			F45				кан							
	И. Угрюмов	500	544	B30W	-	-	356	1273	843						
	З. Д.			F45				кан							
	И. Угрюмов	-	-	B15W	2,4	1,5	230	1238	833						
	З. Д.			F45				кан							

Остатки	Количество кубов	Площадь куба	Показания манометра	Предел прочности кг/см²	Средний предел прочности кг/см²	Дата испытания	Вес куба, г	Примечания	Подпись
	2	100	258	24,5					
	2	100	275	26,1	25,3	11.09	2485		З. Д.
	2	96	298	28,3		8.09	2365		И. Угрюмов
	2	96	330	32,6	30,5	11.09	2380		И. Угрюмов
	2	100	279	26,5			2545		З. Д.
	2	100	254	24,1	25,5	8.09	2570		З. Д.
			R _{изп. 07н.} = 18,0			8.09			З. Д.
	2	100	254	24,1			2460		
	2	100	255	24,2	24,1		2438		
	2	100	322	30,6			2690		
	2	100	275	26,1	26,3	8.09	2720		З. Д.
	2	100	223	21,2		11.09	2430		И. Угрюмов
	2	100	236	22,4	21,8		2470		
	2	100	209	19,8		R _{изп. 21 н} R _{изп. 26,9 н} 8.09	2470		З. Д.
	2	100	315	29,9		11.09	2495		
	2	95	302	30,2			2520		
	2	97	280	28,4	29,3	8.09	2570		З. Д.
			R _{изп.} = 16,0 н/н			8.09			З. Д.

**Матрицы планирования эксперимента для различных характеристик
строительного материала**

Матрица планирования эксперимента
для характеристики «прочность на сжатие», МПа

№ п/п	Уровни факторов						Параллельные опыты			Среднее опытное, Y_1	Построчная дисперсия
	Натуральный			Кодированный			Y_1^1	Y_1^2	Y_1^3		
	U_1	U_2	U_3	В/ц	г	Д					
1	-1	-1	-1	0,2	0,64	0,145	27,6	28,6	26,4	27,53	2,43
2	-1	-1	0	0,2	0,64	0,175	37,2	37,6	35,2	36,67	3,31
3	-1	-1	+1	0,2	0,64	0,205	43,7	42,4	42,1	42,73	1,45
4	-1	0	-1	0,2	0,75	0,145	28,6	26,9	27,1	27,53	1,73
5	-1	0	0	0,2	0,75	0,175	30,1	29,4	29,2	29,57	0,45
6	-1	0	+1	0,2	0,75	0,205	32,5	34,1	32	32,87	2,41
7	-1	+1	-1	0,2	0,86	0,145	29,2	28,1	29,3	28,87	0,89
8	-1	+1	0	0,2	0,86	0,175	27,6	28,3	27,1	27,67	0,79
9	-1	+1	+1	0,2	0,86	0,205	29,3	28,8	29,8	29,30	0,5
10	0	-1	-1	0,27	0,64	0,145	20,1	19,4	19,2	19,57	0,45
11	0	-1	0	0,27	0,64	0,175	26,22	25,2	26,31	25,91	0,76
12	0	-1	+1	0,27	0,64	0,205	28,7	29,1	28,4	28,73	0,25
13	0	0	-1	0,27	0,75	0,145	15,2	16,1	15,4	15,57	0,45
14	0	0	0	0,27	0,75	0,175	17,6	16,8	16,2	16,87	0,99
15	0	0	+1	0,27	0,75	0,205	25	24,6	24,3	24,63	0,25
16	0	+1	-1	0,27	0,86	0,145	15,2	16,4	15,6	15,73	0,75
17	0	+1	0	0,27	0,86	0,175	17,2	17,3	17,5	17,33	0,05
18	0	+1	+1	0,27	0,86	0,205	19,1	20,1	20,2	19,80	0,74
19	+1	-1	-1	0,35	0,64	0,145	16,7	16,3	16,5	16,50	0,08
20	+1	-1	0	0,35	0,64	0,175	18,8	19,8	19,4	19,33	0,51
21	+1	-1	+1	0,35	0,64	0,205	26,3	25,8	25,4	25,83	0,41
22	+1	0	-1	0,35	0,75	0,145	17,2	15,9	16,7	16,60	0,86
23	+1	0	0	0,35	0,75	0,175	18,6	18,8	18,40	18,60	0,08
24	+1	0	+1	0,35	0,75	0,205	23,2	23,20	23,9	23,43	0,33
25	+1	+1	-1	0,35	0,86	0,145	14,1	15,3	14,2	14,53	0,89
26	+1	+1	0	0,35	0,86	0,175	17,1	18,1	17,4	17,53	0,53
27	+1	+1	+1	0,35	0,86	0,205	19	19,3	18,2	18,83	0,65
Общая дисперсия эксперимента											0,85
Опытное значение критерия Кохрена											0,147
Теоретическое значение критерия Кохрена											0,198

$G_{0,05} < G_{теор}$ – гипотеза об однородности выборок принимается.

Матрица планирования эксперимента
для характеристики «удобоукладываемость смеси (осадка конуса)», см

№ п/п	Уровни факторов						Параллельные опыты			Среднее опытное, Y_2	Построчная дисперсия
	Натуральный			Кодированный			Y_2^1	Y_2^2	Y_2^3		
	U_1	U_2	U_3	В/ц	r	Д					
1	-1	-1	-1	0,2	0,64	0,145	6,2	5,3	5,4	5,63	0,49
2	-1	-1	0	0,2	0,64	0,175	6	6,1	6,2	6,10	0,02
3	-1	-1	+1	0,2	0,64	0,205	6,6	6,5	6,6	6,57	0,0069
4	-1	0	-1	0,2	0,75	0,145	4,8	5	4,4	4,73	0,19
5	-1	0	0	0,2	0,75	0,175	4,2	5,1	4,4	4,57	0,45
6	-1	0	+1	0,2	0,75	0,205	4,4	4,1	3,9	4,13	0,13
7	-1	+1	-1	0,2	0,86	0,145	6	5,6	5,8	5,80	0,08
8	-1	+1	0	0,2	0,86	0,175	5	5,4	5,6	5,33	0,19
9	-1	+1	+1	0,2	0,86	0,205	4,8	4,7	4,1	4,53	0,29
10	0	-1	-1	0,27	0,64	0,145	3,2	3,8	3,6	3,53	0,19
11	0	-1	0	0,27	0,64	0,175	3,5	4,1	3,5	3,70	0,24
12	0	-1	+1	0,27	0,64	0,205	4,5	5,1	4	4,53	0,61
13	0	0	-1	0,27	0,75	0,145	2,8	2,2	2,6	2,53	0,19
14	0	0	0	0,27	0,75	0,175	2,4	2,6	3	2,67	0,19
15	0	0	+1	0,27	0,75	0,205	2,1	2,6	2,4	2,37	0,137
16	0	+1	-1	0,27	0,86	0,145	7,6	8,3	8,1	8,00	0,26
17	0	+1	0	0,27	0,86	0,175	4	3,6	4,1	3,90	0,14
18	0	+1	+1	0,27	0,86	0,205	2,5	2,7	3	2,73	0,13
19	+1	-1	-1	0,35	0,64	0,145	2,5	2,4	2,8	2,57	0,09
20	+1	-1	0	0,35	0,64	0,175	2	2,2	2,8	2,33	0,35
21	+1	-1	+1	0,35	0,64	0,205	2,1	2,4	3,4	2,63	0,95
22	+1	0	-1	0,35	0,75	0,145	2,2	2,5	2,5	2,40	0,06
23	+1	0	0	0,35	0,75	0,175	1,5	1,7	1,8	1,67	0,05
24	+1	0	+1	0,35	0,75	0,205	1,8	2,1	2,2	2,03	0,09
25	+1	+1	-1	0,35	0,86	0,145	3,4	3,5	3,8	3,57	0,09
26	+1	+1	0	0,35	0,86	0,175	2,3	2,9	3,1	2,77	0,35
27	+1	+1	+1	0,35	0,86	0,205	2,5	2,9	2,6	2,67	0,35
Опытное значение критерия Кохрена											0,148
Теоретическое значение критерия Кохрена											0,198

$G_{0,05} < G_{\text{теор}}$ – гипотеза об однородности выборок принимается.

Матрица планирования эксперимента
для характеристики «морозостойкость», циклы

№ п/п	Уровни факторов						Параллельные опыты			Среднее опытное, Y_3	Построчная дисперсия
	Натуральный			Кодированный			Y_3^1	Y_3^2	Y_3^3		
	U_1	U_2	U_3	В/ц	r	Д					
1	-1	-1	-1	0,2	0,64	0,145	196	196	194	195,33	34
2	-1	-1	0	0,2	0,64	0,175	242	247	253	247,33	56
3	-1	-1	+1	0,2	0,64	0,205	307	315	301	307,67	14
4	-1	0	-1	0,2	0,75	0,145	186	169	171	175,33	32
5	-1	0	0	0,2	0,75	0,175	201	194	196	197,00	72,67
6	-1	0	+1	0,2	0,75	0,205	237	241	245	241,00	44,67
7	-1	+1	-1	0,2	0,86	0,145	172	168	169	169,67	168
8	-1	+1	0	0,2	0,86	0,175	176	183	174	177,67	20,67
9	-1	+1	+1	0,2	0,86	0,205	203	198	198	199,67	44,67
10	0	-1	-1	0,27	0,64	0,145	111	94	92	99,00	16,67
11	0	-1	0	0,27	0,64	0,175	146	142	143	143,67	218
12	0	-1	+1	0,27	0,64	0,205	197	195	204	198,67	4,67
13	0	0	-1	0,27	0,75	0,145	82	82	84	82,67	38
14	0	0	0	0,27	0,75	0,175	101	105	106	104,00	2,67
15	0	0	+1	0,27	0,75	0,205	150	146	143	146,33	12,67
16	0	+1	-1	0,27	0,86	0,145	88	81	84	84,33	24,67
17	0	+1	0	0,27	0,86	0,175	91	89	92	90,67	26
18	0	+1	+1	0,27	0,86	0,205	116	121	119	118,67	4,67
19	+1	-1	-1	0,35	0,64	0,145	71	73	74	72,67	12,67
20	+1	-1	0	0,35	0,64	0,175	108	102	109	106,33	8
21	+1	-1	+1	0,35	0,64	0,205	163	158	164	161,67	6
22	+1	0	-1	0,35	0,75	0,145	68	63	64	65,00	20,67
23	+1	0	0	0,35	0,75	0,175	84	81	88	84,33	42
24	+1	0	+1	0,35	0,75	0,205	122	122	118	120,67	24,67
25	+1	+1	-1	0,35	0,86	0,145	78	76	74	76,00	10,67
26	+1	+1	0	0,35	0,86	0,175	87	83	84	84,67	14
27	+1	+1	+1	0,35	0,86	0,205	99	98	101	99,33	44,67
Опытное значение критерия Кохрена											0,196
Теоретическое значение критерия Кохрена											0,198

$G_{0,05} < G_{\text{теор}}$ – гипотеза об однородности выборок принимается.

Матрица планирования эксперимента
для характеристики «водонепроницаемость смеси», МПа

№ п/п	Уровни факторов						Параллельные опыты			Среднее опытное, Y_4	Построчная дисперсия
	Натуральный			Кодированный			Y_4^1	Y_4^2	Y_4^3		
	U_1	U_2	U_3	В/ц	r	Д					
1	-1	-1	-1	0,2	0,64	0,145	0,56	0,58	0,64	0,59	0,003
2	-1	-1	0	0,2	0,64	0,175	0,66	0,64	0,68	0,66	0,0008
3	-1	-1	+1	0,2	0,64	0,205	0,82	0,78	0,78	0,79	0,001
4	-1	0	-1	0,2	0,75	0,145	0,52	0,53	0,48	0,51	0,0014
5	-1	0	0	0,2	0,75	0,175	0,66	0,62	0,64	0,64	0,0008
6	-1	0	+1	0,2	0,75	0,205	0,78	0,76	0,72	0,75	0,001
7	-1	+1	-1	0,2	0,86	0,145	0,56	0,56	0,54	0,55	0,0004
8	-1	+1	0	0,2	0,86	0,175	0,61	0,6	0,63	0,61	0,0004
9	-1	+1	+1	0,2	0,86	0,205	0,66	0,67	0,64	0,66	0,0014
10	0	-1	-1	0,27	0,64	0,145	0,57	0,48	0,51	0,52	0,001
11	0	-1	0	0,27	0,64	0,175	0,62	0,54	0,58	0,58	0,001
12	0	-1	+1	0,27	0,64	0,205	0,63	0,65	0,68	0,65	0,001
13	0	0	-1	0,27	0,75	0,145	0,46	0,45	0,48	0,46	0,0014
14	0	0	0	0,27	0,75	0,175	0,48	0,49	0,52	0,50	0,0004
15	0	0	+1	0,27	0,75	0,205	0,59	0,58	0,56	0,58	0,0004
16	0	+1	-1	0,27	0,86	0,145	0,45	0,42	0,44	0,44	0,0004
17	0	+1	0	0,27	0,86	0,175	0,45	0,47	0,51	0,48	0,0018
18	0	+1	+1	0,27	0,86	0,205	0,52	0,54	0,53	0,53	0,0002
19	+1	-1	-1	0,35	0,64	0,145	0,42	0,42	0,46	0,43	0,001
20	+1	-1	0	0,35	0,64	0,175	0,48	0,45	0,47	0,47	0,0004
21	+1	-1	+1	0,35	0,64	0,205	0,51	0,54	0,53	0,53	0,0008
22	+1	0	-1	0,35	0,75	0,145	0,41	0,44	0,42	0,42	0,0004
23	+1	0	0	0,35	0,75	0,175	0,45	0,48	0,46	0,46	0,0004
24	+1	0	+1	0,35	0,75	0,205	0,51	0,49	0,54	0,51	0,0026
25	+1	+1	-1	0,35	0,86	0,145	0,39	0,38	0,43	0,40	0,0014
26	+1	+1	0	0,35	0,86	0,175	0,41	0,4	0,41	0,41	0,001
27	+1	+1	+1	0,35	0,86	0,205	0,49	0,48	0,46	0,48	0,0004
Опытное значение критерия Кохрена											0,124
Теоретическое значение критерия Кохрена											0,198

$G_{0,05} < G_{\text{теор}}$ – гипотеза об однородности выборок принимается.

Матрица планирования эксперимента
для характеристики «плотность», кг/м³

№ п/п	Уровни факторов						Параллельные опыты			Среднее опытное, Y_5	Построчная дисперсия
	Натуральный			Кодированный			Y_5^1	Y_5^2	Y_5^3		
	U_1	U_2	U_3	В/ц	r	Д					
1	-1	-1	-1	0,2	0,64	0,145	2438	2443	2444	2441,67	40,67
2	-1	-1	0	0,2	0,64	0,175	2451	2450	2454	2451,67	8,67
3	-1	-1	+1	0,2	0,64	0,205	2522	2525	2528	2525,00	12,67
4	-1	0	-1	0,2	0,75	0,145	2408	2407	2405	2406,67	28,67
5	-1	0	0	0,2	0,75	0,175	2444	2442	2440	2442,00	8
6	-1	0	+1	0,2	0,75	0,205	2491	2492	2498	2493,67	18,67
7	-1	+1	-1	0,2	0,86	0,145	2405	2400	2409	2404,67	15,01
8	-1	+1	0	0,2	0,86	0,175	2428	2427	2425	2426,67	15,31
9	-1	+1	+1	0,2	0,86	0,205	2468	2465	2463	2465,33	32,67
10	0	-1	-1	0,27	0,64	0,145	2346	2340	2342	2342,67	18,667
11	0	-1	0	0,27	0,64	0,175	2384	2384	2381	2383,00	6
12	0	-1	+1	0,27	0,64	0,205	2433	2428	2438	2433,00	50
13	0	0	-1	0,27	0,75	0,145	2337	2336	2339	2337,33	4,67
14	0	0	0	0,27	0,75	0,175	2357	2353	2358	2356,00	14
15	0	0	+1	0,27	0,75	0,205	2397	2399	2395	2397,00	8
16	0	+1	-1	0,27	0,86	0,145	2321	2329	2322	2324,00	8,67
17	0	+1	0	0,27	0,86	0,175	2337	2331	2335	2334,33	24
18	0	+1	+1	0,27	0,86	0,205	2365	2373	2363	2367,00	50
19	+1	-1	-1	0,35	0,64	0,145	2412	2416	2409	2412,33	12,72
20	+1	-1	0	0,35	0,64	0,175	2428	2428	2432	2429,33	12,81
21	+1	-1	+1	0,35	0,64	0,205	2469	2464	2463	2465,33	40,67
22	+1	0	-1	0,35	0,75	0,145	2394	2396	2394	2394,67	18,67
23	+1	0	0	0,35	0,75	0,175	2399	2407	2402	2402,67	16,82
24	+1	0	+1	0,35	0,75	0,205	2427	2419	2427	2424,33	17,06
25	+1	+1	-1	0,35	0,86	0,145	2374	2380	2378	2377,33	28,67
26	+1	+1	0	0,35	0,86	0,175	2369	2375	2368	2370,67	24,67
27	+1	+1	+1	0,35	0,86	0,205	2386	2388	2382	2385,33	34,67
Опытное значение критерия Кохрена											0,180
Теоретическое значение критерия Кохрена											0,198

$G_{0,05} < G_{\text{теор}}$ – гипотеза об однородности выборок принимается.

**Расчет погрешности эксперимента
для характеристики строительного материала**

Параметры расчета погрешности эксперимента
для характеристики «прочность на сжатие», МПа

№ п/п	Фактический эксперимент	Предсказанное значение	σ	± 1 МПа		± 2 МПа	
1	27,53	30,12	9,46	-2,60	0	-2,60	0
2	36,67	35,26	3,82	1,40	0	1,40	1
3	42,73	41,46	2,97	1,27	0	1,27	1
4	27,53	27,23	1,12	0,31	1	0,31	1
5	29,57	30,28	2,40	-0,71	1	-0,71	1
6	32,87	34,4	4,66	-1,53	0	-1,53	1
7	28,87	26,66	7,66	2,21	0	2,21	1
8	27,67	27,63	0,12	0,04	1	0,04	1
9	29,30	29,68	1,29	-0,38	1	-0,38	1
10	19,57	18,41	5,93	1,16	0	1,16	1
11	25,91	23,48	9,35	2,42	0	2,42	1
12	28,73	29,64	3,16	-0,91	1	-0,91	1
13	15,57	16,32	4,81	-0,75	1	-0,75	1
14	16,87	19,32	14,56	-2,46	0	-2,46	1
15	24,63	23,40	5,00	1,23	0	1,23	1
16	15,73	16,57	5,29	-0,83	1	-0,83	1
17	17,33	17,5	0,95	-0,16	1	-0,16	1
18	19,80	19,502	1,50	0,30	1	0,30	1
19	16,50	16,082	2,54	0,42	1	0,42	1
20	19,33	21,12	9,19	-1,78	0	-1,78	1
21	25,83	27,22	5,34	-1,38	0	-1,38	1
22	16,60	14,93	10,07	1,67	0	1,67	1
23	18,60	17,88	3,84	0,72	0	0,72	1
23	23,43	21,91	6,49	1,52	0	1,52	1
25	14,53	16,12	10,89	-1,58	0	-1,58	1
26	17,53	17,0	3,05	0,53	1	0,53	1
27	18,83	18,96	0,62	-0,12	1	-0,12	1

$$\sigma_{\text{сред}}(X_1) = \frac{\sum |\sigma|}{N} = \frac{136,165}{27} = 5,04.$$

Параметры расчета погрешности эксперимента
для характеристики «морозостойкость», цикл

№ п/п	Фактический эксперимент	Предсказанное значение	σ	± 3 цикла	
1	195,33	199,07	1,91	2,00	0
2	247,33	243,66	1,49	-6,00	1
3	307,67	305,29	0,77	14,00	1
4	175,33	173,74	0,91	-2,00	1
5	197,00	200,83	1,94	-2,00	1
6	241,00	244,96	1,64	-4,00	1
7	169,67	168,11	0,92	-1,00	1
8	177,67	177,70	0,02	9,00	1
9	199,67	204,33	2,34	0,00	1
10	99,00	99,45	0,45	2,00	1
11	143,67	140,84	1,97	-1,00	1
12	198,67	199,27	0,31	-9,00	1
13	82,67	83,01	0,41	-2,00	1
14	104,00	106,90	2,79	-1,00	1
15	146,33	147,83	1,02	3,00	1
16	84,33	86,27	2,30	-3,00	1
17	90,67	92,66	2,20	-3,00	1
18	118,67	116,09	2,17	2,00	1
19	72,67	71,28	1,91	-1,00	1
20	106,33	109,02	2,53	-7,00	1
21	161,67	163,79	1,32	-6,00	1
22	65,00	65,00	0,00	-1,00	1
23	84,33	85,23	1,07	-7,00	1
23	120,67	122,51	1,53	4,00	1
25	76,00	78,42	3,18	2,00	1
26	84,67	81,15	4,15	-1,00	1
27	99,33	100,93	1,61	-3,00	1

$$\sigma_{\text{сред}}(X_2) = \frac{\sum |\sigma|}{N} = \frac{42,84}{27} = 1,587.$$

Параметры расчета погрешности эксперимента
для характеристики «удобоукладываемость смеси», см

№ п/п	Фактический эксперимент	Предсказанное значение	σ	± 0,3 см	
1	5,63	5,62	0,16	-1,00	1
2	6,10	6,08	0,40	-4,00	1
3	6,57	6,59	0,30	-3,00	1
4	4,73	4,35	8,11	2,00	1
5	4,57	4,22	7,52	2,00	1
6	4,13	4,16	0,56	-6,00	1
7	5,80	5,90	1,74	-9,00	1
8	5,33	5,20	2,56	2,00	1
9	4,53	4,55	0,42	2,00	1
10	3,53	3,70	4,80	-2,00	1
11	3,70	3,94	6,46	3,00	1
12	4,53	4,23	6,59	-10,00	1
13	2,53	2,83	11,78	-3,00	1
14	2,67	2,49	6,62	-5,00	1
15	2,37	2,21	6,71	4,00	1
16	8,00	4,79	40,17	7,00	0
17	3,90	3,87	0,84	-4,00	1
18	2,73	3,01	10,02	10,00	1
19	2,57	2,70	5,30	7,00	1
20	2,33	2,69	15,40	-4,00	1
21	2,63	2,74	4,12	1,00	1
22	2,40	2,29	4,47	2,00	1
23	1,67	1,70	2,30	5,00	1
23	2,03	1,18	42,14	-8,00	1
25	3,57	4,71	32,02	2,00	1
26	2,77	3,54	28,07	7,00	1
27	2,63	2,44	7,46	6,00	1

$$\sigma_{\text{сред}}(X_3) = \frac{\sum |\sigma|}{N} = \frac{93,04}{27} = 3,52.$$

Параметры расчета погрешности эксперимента
для характеристики «плотность», кг/м³

№ п/п	Фактический эксперимент	Предсказанное значение	σ	± 3 кг/м ³	
1	2441,67	2405,50	1,48	-1,00	0
2	2451,67	2455,16	0,14	-4,00	1
3	2525,00	2521,67	0,13	-3,00	1
4	2406,67	2403,77	0,12	2,00	1
5	2442,00	2440,65	0,06	2,00	1
6	2493,67	2494,39	0,03	-6,00	1
7	2404,67	2401,12	0,15	-9,00	1
8	2426,67	2425,22	0,06	2,00	1
9	2465,33	2466,18	0,03	2,00	1
10	2342,67	2343,68	0,04	-2,00	1
11	2383,00	2380,09	0,12	3,00	1
12	2433,00	2433,35	0,01	-10,00	1
13	2337,33	2334,84	0,11	-3,00	1
14	2356,00	2358,47	0,10	-5,00	1
15	2397,00	2398,95	0,08	4,00	1
16	2324,00	2325,07	0,05	7,00	1
17	2334,33	2335,92	0,07	-4,00	1
18	2367,00	2363,62	0,14	10,00	1
19	2412,33	2409,18	0,13	7,00	1
20	2429,33	2430,45	0,05	-4,00	1
21	2465,33	2468,57	0,13	1,00	1
22	2394,67	2392,20	0,10	2,00	1
23	2402,67	2400,69	0,08	5,00	1
23	2424,33	2426,03	0,07	-8,00	1
25	2377,33	2374,30	0,13	2,00	1
26	2370,67	2370,01	0,03	7,00	1
27	2385,33	2382,57	0,12	6,00	1

$$\sigma_{\text{сред}}(X_5) = \frac{\sum |\sigma|}{N} = \frac{3,76}{27} = 0,14.$$

Параметры расчета погрешности эксперимента
для характеристики «водонепроницаемость», МПа

№ п/п	Фактический эксперимент	Предсказанное значение	σ	± 0,2 МПа	
1	0,59	0,61	2,35	-0,06	1
2	0,66	0,69	3,98	-0,04	1
3	0,79	0,79	0,14	0,00	1
4	0,51	0,57	12,21	0,05	0
5	0,64	0,64	0,02	-0,02	1
6	0,75	0,74	2,43	0,04	1
7	0,55	0,55	1,43	0,02	1
8	0,61	0,60	1,82	-0,03	1
9	0,66	0,69	4,46	0,03	1
10	0,52	0,50	3,59	-0,03	1
11	0,58	0,56	2,82	-0,04	1
12	0,65	0,65	0,06	-0,03	1
13	0,46	0,47	1,45	-0,03	1
14	0,50	0,52	4,95	-0,03	1
15	0,58	0,60	3,95	0,02	1
16	0,44	0,45	2,35	-0,02	1
17	0,48	0,49	2,16	-0,04	1
18	0,53	0,55	4,54	0,01	1
19	0,43	0,45	2,80	-0,04	1
20	0,47	0,49	4,71	-0,02	1
21	0,53	0,56	6,11	0,01	1
22	0,42	0,42	1,16	0,02	1
23	0,46	0,45	2,77	0,02	1
23	0,51	0,51	0,73	-0,05	1
25	0,40	0,40	0,12	-0,05	1
26	0,41	0,42	3,40	-0,01	1
27	0,48	0,47	1,72	0,02	1

$$\sigma_{\text{сред}}(X_5) = \frac{\sum |\sigma|}{N} = \frac{78,21}{27} = 2,9.$$

Функции приведения потребителя

<p>Функция приведения для характеристики объектов прочность при сжатии</p> <table border="1"> <tr><td>3.5</td><td>10.5</td><td>17.5</td><td>24.5</td><td>31.5</td><td>38.5</td><td>45.5</td><td>52.5</td><td>59.5</td><td>66.5</td><td>80</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>4</td></tr> </table>	3.5	10.5	17.5	24.5	31.5	38.5	45.5	52.5	59.5	66.5	80	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	<p>Функция приведения для характеристики объектов водонепроницаемость</p> <table border="1"> <tr><td>3.5</td><td>5</td><td>6.5</td><td>8</td><td>8.5</td><td>11</td><td>12.5</td><td>14</td><td>15.5</td><td>18</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>4</td></tr> </table>	3.5	5	6.5	8	8.5	11	12.5	14	15.5	18	1	2	2	3	3	3	3	3	3	4	<p>Функция приведения для характеристики объектов порозистость</p> <table border="1"> <tr><td>63.7</td><td>127.4</td><td>191.1</td><td>254.8</td><td>318.5</td><td>382.2</td><td>445.9</td><td>509.6</td><td>573.3</td><td>700</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>4</td></tr> </table>	63.7	127.4	191.1	254.8	318.5	382.2	445.9	509.6	573.3	700	1	2	2	3	3	3	3	3	3	4
3.5	10.5	17.5	24.5	31.5	38.5	45.5	52.5	59.5	66.5	80																																																						
1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4																																																						
3.5	5	6.5	8	8.5	11	12.5	14	15.5	18																																																							
1	2	2	3	3	3	3	3	3	4																																																							
63.7	127.4	191.1	254.8	318.5	382.2	445.9	509.6	573.3	700																																																							
1	2	2	3	3	3	3	3	3	4																																																							
Прочность при сжатии			Водонепроницаемость			Морозостойкость																																																										
<p>Функция приведения для характеристики объектов плотность</p> <table border="1"> <tr><td>1800</td><td>1881.9</td><td>1963.8</td><td>2045.7</td><td>2127.6</td><td>2209.5</td><td>2291.4</td><td>2373.3</td><td>2455.2</td><td>2537.1</td><td>2700</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>4</td></tr> </table>	1800	1881.9	1963.8	2045.7	2127.6	2209.5	2291.4	2373.3	2455.2	2537.1	2700	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	<p>Функция приведения для характеристики объектов удобукладываемость</p> <table border="1"> <tr><td>2</td><td>4</td><td>6</td><td>8</td><td>10</td><td>12</td><td>14</td><td>16</td><td>18</td><td>21</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>4</td></tr> </table>	2	4	6	8	10	12	14	16	18	21	1	2	2	3	3	3	3	3	3	4	<p>Функция приведения для характеристики объектов норма прибыли</p> <table border="1"> <tr><td>1001</td><td>2182</td><td>3273</td><td>4364</td><td>5455</td><td>6546</td><td>7637</td><td>8728</td><td>9819</td><td>12000</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>4</td></tr> </table>	1001	2182	3273	4364	5455	6546	7637	8728	9819	12000	1	2	2	3	3	3	3	3	3	4
1800	1881.9	1963.8	2045.7	2127.6	2209.5	2291.4	2373.3	2455.2	2537.1	2700																																																						
1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4																																																						
2	4	6	8	10	12	14	16	18	21																																																							
1	2	2	3	3	3	3	3	3	4																																																							
1001	2182	3273	4364	5455	6546	7637	8728	9819	12000																																																							
1	2	2	3	3	3	3	3	3	4																																																							
Плотность			Удобукладываемость			Норма прибыли для потребителя																																																										
Функции приведения производителя																																																																
<p>Функция приведения для характеристики объектов стоимость</p> <table border="1"> <tr><td>1500</td><td>1800.1</td><td>2318.2</td><td>2727.3</td><td>3136.4</td><td>3545.5</td><td>3954.6</td><td>4363.7</td><td>4772.8</td><td>5181.9</td><td>6000</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>4</td></tr> </table>	1500	1800.1	2318.2	2727.3	3136.4	3545.5	3954.6	4363.7	4772.8	5181.9	6000	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	<p>Функция приведения для характеристики объектов норма прибыли</p> <table border="1"> <tr><td>5.5</td><td>11</td><td>16.5</td><td>22</td><td>27.5</td><td>33</td><td>38.5</td><td>44</td><td>49.5</td><td>60</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>4</td></tr> </table>	5.5	11	16.5	22	27.5	33	38.5	44	49.5	60	1	2	2	3	3	3	3	3	3	4	<p>Функция приведения для характеристики объектов норма прибыли</p> <table border="1"> <tr><td>1001</td><td>2182</td><td>3273</td><td>4364</td><td>5455</td><td>6546</td><td>7637</td><td>8728</td><td>9819</td><td>12000</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>2</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>4</td></tr> </table>	1001	2182	3273	4364	5455	6546	7637	8728	9819	12000	1	2	2	3	3	3	3	3	3	4
1500	1800.1	2318.2	2727.3	3136.4	3545.5	3954.6	4363.7	4772.8	5181.9	6000																																																						
1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4																																																						
5.5	11	16.5	22	27.5	33	38.5	44	49.5	60																																																							
1	2	2	3	3	3	3	3	3	4																																																							
1001	2182	3273	4364	5455	6546	7637	8728	9819	12000																																																							
1	2	2	3	3	3	3	3	3	4																																																							
Затраты на компоненты			Производственные издержки			Норма прибыли для производителя																																																										

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Модели предпочтений потребителя и производителя при реализации процедуры ценообразования альтернатив материала

альтернатива 1		альтернатива 2		альтернатива 3		альтернатива 4	
цена (р)	производитель	цена (р)	производитель	цена (р)	производитель	цена (р)	производитель
14165	2,88	14138	2,89	14130	2,88	13938	2,88
12168	2,86	12146	2,86	12139	2,86	11974	2,86
10611	2,81	10593	2,8	10587	8,81	10443	2,79
9373	2,7	9357	2,7	9352	2,7	9225	2,67
8372	2,6	8357	2,6	8352	2,6	8239	2,56
7548	2,45	7535	2,44	7531	2,45	7428	2,41
6862	2,31	6850	2,29	6846	2,31	6753	2,7
альтернатива 5		альтернатива 6		альтернатива 7		альтернатива 8	
цена (р)	производитель	цена (р)	производитель	цена (р)	производитель	цена (р)	производитель
13888	2,88	13521	2,77	13628	2,75	13562	2,75
11932	2,86	11616	2,78	11708	2,77	11652	2,76
10406	8,81	10130	2,68	10211	2,67	10161	2,66
9192	2,66	8949	2,56	9020	2,55	8976	2,54
8209	2,55	7992	2,44	8056	2,44	8017	2,45
7402	2,39	7206	2,28	7263	2,26	7228	2,26
6729	2,26	6551	2,15	6603	2,15	6571	2,15
альтернатива 9		альтернатива 10		альтернатива 11		альтернатива 12	
цена (р)	производитель	цена (р)	производитель	цена (р)	производитель	цена (р)	производитель
13775	2,77	13958	2,78	13931	2,78	13950	2,78
11834	2,78	11992	2,8	11969	2,8	11985	2,8
10321	2,69	10458	2,72	10438	2,72	10452	2,72
9117	2,57	9238	2,61	9221	2,6	9233	2,6
8142	2,47	8251	2,5	8235	2,5	8246	2,5
7341	2,3	7439	2,34	7425	2,34	7435	2,34
6674	2,17	6763	2,21	6750	2,2	6759	2,2
альтернатива 13		альтернатива 14					
цена (р)	производитель	цена (р)	производитель				
13746	2,77	13797	2,77				
11810	2,78	11854	2,78				
10299	2,69	10338	2,68				
9098	2,57	9132	2,56				
8125	2,47	8156	2,44				
7326	2,3	7354	2,28				
6660	2,17	6685	2,15				

Матрицы-массивы характеристик СМ с шагом дискретности 20×20

Морозостойкость

$\frac{U_2}{U_1}$	0.4	0.42	0.44	0.46	0.48	0.5	0.52	0.54	0.56	0.58	0.6	0.62	0.64	0.66	0.68	0.7	0.72	0.74	0.76	0.78
0.43	175.39	175.82	176.95	178.77	181.3	184.52	188.45	193.07	198.39	204.41	211.13	218.55	226.66	235.48	244.99	255.20	266.12	277.73	290.03	303.04
0.45	166.88	166.9	167.62	169.05	171.17	173.98	177.50	181.72	186.63	192.25	198.56	205.57	213.28	221.69	230.79	240.60	251.10	262.31	274.21	286.81
0.46	159.03	158.65	158.97	159.98	161.7	164.11	167.22	171.03	175.54	180.75	186.65	193.26	200.56	208.56	217.26	226.66	236.76	247.55	259.05	271.24
0.48	151.86	151.07	150.98	151.58	152.89	154.90	157.60	161.01	165.11	169.91	175.41	181.61	188.50	196.10	204.39	213.39	223.08	233.47	244.56	256.34
0.5	145.34	144.15	143.65	143.85	144.75	146.35	148.65	151.65	155.34	159.74	164.83	170.62	177.11	184.30	192.19	200.78	210.06	220.04	230.73	242.11
0.52	139.49	137.89	136.99	136.78	137.28	138.47	132.74	142.95	146.24	150.23	154.92	160.30	166.39	173.17	180.65	188.83	197.71	207.29	217.56	228.54
0.53	134.31	132.3	130.99	130.38	130.47	131.26	125.78	134.93	137.81	141.39	145.67	150.65	156.33	162.70	169.78	177.55	186.02	195.19	205.06	215.63
0.55	129.79	127.38	125.66	124.64	124.33	124.71	119.49	127.56	130.04	133.21	137.09	141.66	146.93	152.90	159.57	166.93	175.00	183.76	193.23	203.39
0.57	125.94	123.12	120.99	119.57	118.85	118.82	113.86	120.86	122.93	125.70	129.17	133.33	138.20	143.76	150.02	156.98	164.64	173.00	182.06	191.81
0.58	122.75	119.52	116.99	115.16	114.03	113.60	108.90	114.83	116.49	118.85	121.92	125.68	130.13	135.29	141.15	147.70	154.95	162.90	171.55	180.90
0.6	120.23	116.59	113.66	111.42	109.88	109.04	104.61	109.46	110.72	112.67	115.33	118.68	122.73	127.48	132.93	139.08	145.93	153.47	161.71	170.66
0.62	118.37	114.33	110.98	108.34	106.4	105.15	100.97	104.76	105.61	107.16	109.40	112.35	116.00	120.34	125.38	131.12	137.56	144.70	152.54	161.08
0.64	117.17	112.73	108.98	105.93	103.58	101.93	98.01	100.72	101.16	102.30	104.15	106.69	109.93	113.86	118.50	123.83	129.87	136.60	144.03	152.16
0.65	116.64	111.79	107.64	104.18	101.42	99.37	95.70	97.34	97.38	98.12	99.55	101.69	104.52	108.05	112.28	117.21	122.84	129.16	136.19	143.91
0.67	116.78	111.52	106.96	103.1	99.93	97.47	94.07	94.64	94.27	94.60	95.63	97.35	99.78	102.90	106.73	111.25	116.47	122.39	129.01	136.32
0.69	117.58	111.92	106.95	102.68	99.11	96.24	93.09	92.59	91.82	91.74	95.63	97.35	95.70	98.42	101.84	105.95	110.77	116.28	122.49	129.40
0.7	119.05	112.97	107.6	102.93	98.95	95.67	92.79	91.21	90.03	89.55	89.76	90.68	92.29	94.60	97.61	101.32	105.73	110.84	116.64	123.15
0.72	121.18	114.7	108.92	103.84	99.46	95.77	93.14	90.50	88.91	88.02	87.83	88.34	89.55	91.45	94.05	97.36	101.36	106.06	111.46	117.55
0.74	123.97	117.09	110.9	105.41	100.63	96.53	94.17	90.45	88.46	87.16	86.56	86.66	87.46	88.96	91.16	94.06	97.65	101.95	106.94	112.63
0.76	127.44	120.14	113.55	107.66	102.46	97.96	95.13	91.07	88.66	86.96	85.96	85.65	86.05	87.14	88.93	91.42	94.61	98.50	103.08	108.37

Прочность при сжатии

$\frac{U_2}{U_1}$	0.4	0.42	0.44	0.46	0.48	0.5	0.52	0.54	0.56	0.58	0.6	0.62	0.64	0.66	0.68	0.7	0.72	0.74	0.76	0.78
0.43	45.82	43.62	41.57	39.69	37.96	36.40	35.00	33.75	32.67	31.75	31.00	30.40	29.96	29.69	29.57	29.62	29.82	30.19	30.72	31.41
0.45	45.42	43.22	41.17	39.29	37.57	36.02	34.62	33.38	32.30	31.39	30.63	30.04	29.61	29.34	29.23	29.28	29.49	29.86	30.40	31.09
0.46	44.94	42.74	40.70	38.82	37.11	35.55	34.16	32.93	31.86	30.94	30.19	29.61	29.18	28.91	28.81	28.86	29.08	29.45	29.99	30.69
0.48	44.37	42.18	40.15	38.27	36.56	35.01	33.62	32.39	31.33	30.42	29.68	29.09	28.67	28.41	28.30	28.36	28.58	28.97	29.51	30.21
0.5	43.73	41.54	39.51	37.64	35.94	34.39	33.01	31.78	30.72	29.82	29.08	28.50	28.08	27.82	27.72	27.79	28.01	28.40	28.94	29.65
0.52	43.01	40.82	38.80	36.94	35.23	33.69	32.31	31.09	30.03	29.14	28.40	27.83	27.41	27.16	27.06	27.13	27.36	27.75	28.30	29.02

0.53	42.21	40.03	38.01	36.15	34.45	32.91	31.54	30.32	29.27	28.38	27.64	27.07	26.66	26.41	26.33	26.40	26.63	27.03	27.58	28.30
0.55	41.33	39.15	37.14	35.28	33.59	32.06	30.69	29.48	28.43	27.54	26.81	26.24	25.84	25.59	25.51	25.59	25.82	26.22	26.78	27.50
0.57	40.37	38.20	36.19	34.34	32.65	31.12	29.75	28.55	27.50	26.62	25.90	25.33	24.93	24.69	24.61	24.69	24.94	25.34	25.90	26.63
0.58	39.33	37.17	35.16	33.31	31.63	30.11	28.74	27.54	26.50	25.62	24.90	24.34	23.95	23.71	23.64	23.72	23.97	24.38	24.95	25.68
0.6	38.22	36.05	34.05	32.21	30.53	29.01	27.65	26.46	25.42	24.54	23.83	23.28	22.88	22.65	22.58	22.67	22.92	23.34	23.91	24.64
0.62	37.02	34.86	32.87	31.03	29.35	27.84	26.49	25.29	24.26	23.39	22.68	22.13	21.74	21.52	21.45	21.54	21.80	22.22	22.79	23.53
0.64	35.75	33.59	31.60	29.77	28.10	26.59	25.24	24.05	23.02	22.16	21.45	20.91	20.52	20.30	20.24	20.34	20.60	21.02	21.60	22.34
0.65	34.39	32.25	30.26	28.43	26.76	25.26	23.91	22.73	21.70	20.84	20.14	19.60	19.22	19.00	18.95	19.05	19.31	19.74	20.33	21.07
0.67	32.96	30.82	28.83	27.01	25.35	23.85	22.51	21.33	20.31	19.45	18.75	18.22	17.84	17.63	17.58	17.68	17.95	18.38	18.97	19.73
0.69	31.45	29.31	27.33	25.51	23.85	22.36	21.02	19.85	18.83	17.98	17.29	16.75	16.38	16.17	16.13	16.24	16.51	16.95	17.54	18.30
0.7	29.86	27.73	25.75	23.94	22.28	20.79	19.46	18.29	17.28	16.43	15.74	15.21	14.85	14.64	14.60	14.72	14.99	15.43	16.03	16.79
0.72	28.19	26.06	24.09	22.28	20.63	19.14	17.81	16.65	15.64	14.80	14.12	13.59	13.23	13.03	12.99	13.11	13.39	13.84	14.44	15.21
0.74	26.44	24.32	22.35	20.54	18.90	17.42	16.09	14.93	13.93	13.09	12.41	11.89	11.54	11.34	11.30	11.43	11.72	12.16	12.77	13.54
0.76	24.62	22.49	20.53	18.73	17.09	15.61	14.29	13.14	12.14	11.30	10.63	10.11	9.76	9.57	9.54	9.67	9.96	10.41	11.03	11.80

Водонепроницаемость

$\frac{U_2}{U_1}$	0.4	0.42	0.44	0.46	0.48	0.5	0.52	0.54	0.56	0.58	0.6	0.62	0.64	0.66	0.68	0.7	0.72	0.74	0.76	0.78
0.43	11.66	11.45	11.25	11.05	10.86	10.66	10.48	10.29	10.12	9.94	9.77	9.60	9.44	9.28	9.13	8.98	8.83	8.69	8.56	8.42
0.45	11.00	10.80	10.60	10.41	10.22	10.03	9.85	9.67	9.49	9.32	9.16	9.00	8.84	8.69	8.54	8.39	8.25	8.12	7.98	7.86
0.46	10.38	10.18	9.99	9.80	9.61	9.43	9.25	9.08	8.91	8.74	8.58	8.43	8.28	8.13	7.98	7.84	7.71	7.58	7.45	7.32
0.48	9.79	9.60	9.41	9.22	9.04	8.87	8.69	8.53	8.36	8.20	8.05	7.89	7.75	7.60	7.46	7.33	7.20	7.07	6.95	6.83
0.5	9.24	9.05	8.87	8.69	8.51	8.34	8.17	8.01	7.85	7.69	7.54	7.39	7.25	7.11	6.98	6.85	6.72	6.60	6.48	6.37
0.52	8.72	8.54	8.36	8.18	8.01	7.85	7.68	7.52	7.37	7.22	7.07	6.93	6.79	6.66	6.53	6.41	6.28	6.17	6.05	5.95
0.53	8.24	8.06	7.89	7.72	7.55	7.39	7.23	7.08	6.93	6.78	6.64	6.51	6.37	6.24	6.12	6.00	5.88	5.77	5.66	5.56
0.55	7.80	7.62	7.45	7.29	7.13	6.97	6.82	6.67	6.52	6.38	6.25	6.11	5.99	5.86	5.74	5.63	5.52	5.41	5.31	5.21
0.57	7.39	7.22	7.05	6.89	6.74	6.58	6.44	6.29	6.15	6.02	5.89	5.76	5.64	5.52	5.40	5.29	5.18	5.08	4.98	4.89
0.58	7.01	6.85	6.69	6.53	6.38	6.24	6.09	5.95	5.82	5.69	5.56	5.44	5.32	5.21	5.10	4.99	4.89	4.79	4.70	4.61
0.6	6.68	6.52	6.36	6.21	6.07	5.92	5.78	5.65	5.52	5.39	5.27	5.15	5.04	4.93	4.83	4.73	4.63	4.54	4.45	4.36
0.62	6.37	6.22	6.07	5.92	5.78	5.65	5.51	5.38	5.26	5.14	5.02	4.91	4.80	4.69	4.59	4.50	4.41	4.32	4.23	4.16
0.64	6.11	5.96	5.81	5.67	5.54	5.40	5.27	5.15	5.03	4.91	4.80	4.69	4.59	4.49	4.40	4.30	4.22	4.13	4.06	3.98
0.65	5.88	5.73	5.59	5.46	5.33	5.20	5.07	4.95	4.84	4.73	4.62	4.52	4.42	4.32	4.23	4.15	4.07	3.99	3.91	3.84
0.67	5.68	5.54	5.41	5.28	5.15	5.03	4.91	4.79	4.68	4.58	4.47	4.38	4.28	4.19	4.11	4.03	3.95	3.88	3.81	3.74
0.69	5.53	5.39	5.26	5.13	5.01	4.89	4.78	4.67	4.56	4.46	4.36	4.27	4.18	4.10	4.02	3.94	3.87	3.80	3.74	3.68
0.7	5.40	5.27	5.15	5.03	4.91	4.79	4.69	4.58	4.48	4.38	4.29	4.20	4.12	4.04	3.96	3.89	3.82	3.76	3.70	3.65
0.72	5.32	5.19	5.07	4.95	4.84	4.73	4.63	4.53	4.43	4.34	4.25	4.17	4.09	4.01	3.94	3.88	3.81	3.76	3.70	3.65
0.74	5.26	5.14	5.03	4.92	4.81	4.70	4.61	4.51	4.42	4.33	4.25	4.17	4.10	4.03	3.96	3.90	3.84	3.79	3.74	3.69
0.76	5.25	5.13	5.02	4.91	4.81	4.71	4.62	4.53	4.44	4.36	4.28	4.21	4.14	4.07	4.01	3.96	3.90	3.86	3.81	3.77

Плотность

$\frac{U_2}{U_1}$	0.4	0.42	0.44	0.46	0.48	0.5	0.52	0.54	0.56	0.58	0.6	0.62	0.64	0.66	0.68	0.7	0.72	0.74	0.76	0.78
0.43	2567	2554	2542	2531	2521	2511	2503	2495	2488	2481	2475.81	2471	2467	2464	2462	2459.91	2459	2459	2460	2461
0.45	2568	2556	2544	2532	2522	2512	2503	2495	2488	2481	2475.15	2470	2466	2463	2460	2457.97	2457	2457	2457	2458
0.46	2570	2557	2544	2533	2522	2512	2503	2494	2487	2480	2474	2469	2464	2460	2458	2455	2454	2453	2454	2455
0.48	2570	2557	254	2532	2521	2511	2502	2493	2485	2478	2472	2466	2462	2458	2454	2452	2450	2450	2450	2450
0.5	2570	2556	2544	2531	2520	2510	2500	2491	2483	2476	2469	2463	2458	2454	2451	2448	2446	2445	2445	2445
0.52	2569	2555	2542	2530	2518	2508	2498	2488	2480	2472	2466	2460	2454	2450	2446	2443	2441	2440	2439	2440
0.53	2568	2553	2540	2527	2516	2505	2494	2485	2476	2469	2461	2455	2450	2445	2441	2438	2435	2434	2433	2433
0.55	2565	2551	2537	2524	2512	2501	2491	2481	2472	2464	2457	2450	2444	2439	2435	2432	2429	2427	2426	2426
0.57	2562	2548	2534	2521	2508	2497	2486	2476	2467	2459	2451	2444	2438	2433	2429	2425	2422	2420	2419	2418
0.58	2559	2544	2530	2516	2504	2492	2481	2471	2461	2453	2445	2438	2431	2426	2421	2417	2414	2412	2410	2410
0.6	2554	2539	2525	2511	2498	2486	2475	2465	2455	2446	2438	2431	2424	2418	2413	2409	2406	2403	2401	2400
0.62	2549	2534	2519	2505	2492	2480	2468	2458	2448	2439	2430	2423	2416	2410	2405	2400	2397	2394	2391	2390
0.64	2543	2528	2513	2499	2485	2473	2461	2450	2440	2431	2422	2414	2407	2401	2395	2391	2387	2384	2381	2380
0.65	2537	2521	2506	2491	2478	2465	2453	2442	2431	2422	2413	2405	2397	2391	2385	2380	2376	2373	2370	2368
0.67	2530	2514	2498	2484	2470	2457	2444	2433	2422	2412	2403	2395	2387	2380	2374	2369	2365	2361	2358	2356
0.69	2522	2505	2490	2475	2461	2447	2435	2423	2412	2402	2393	2384	2376	2369	2363	2357	2353	2349	2346	2343
0.7	2513	2497	2481	2466	2451	2438	2425	2413	2402	2391	2382	2373	2365	2357	2351	2345	2340	2336	2333	2330
0.72	2504	2487	2471	2455	2441	2427	2414	2402	2390	2380	2370	2361	2352	2345	2338	2332	2327	2322	2319	2316
0.74	2494	2477	2460	2445	2430	2416	2402	2390	2378	2367	2357	2348	2339	2331	2324	2318	2313	2308	2304	2301
0.76	2483	2466	2449	2433	2418	2404	2390	2376	2366	2354	2344	2334	2325	2317	2310	2304	2298	2293	2289	2285

Удобнокладываемость смеси

$\frac{U_2}{U_1}$	0.4	0.42	0.44	0.46	0.48	0.5	0.52	0.54	0.56	0.58	0.6	0.62	0.64	0.66	0.68	0.7	0.72	0.74	0.76	0.78
0.43	3.14	3.19	3.23	3.26	3.28	3.29	3.29	3.28	3.26	3.24	3.20	3.15	3.10	3.03	2.96	2.88	2.78	2.68	2.57	2.45
0.45	2.96	3.01	3.05	3.09	3.11	3.12	3.13	3.12	3.11	3.08	3.05	3.00	2.95	2.89	2.82	2.74	2.65	2.55	2.44	2.32
0.46	2.79	2.84	2.89	2.92	2.95	2.96	2.97	2.97	2.96	2.93	2.90	2.86	2.81	2.75	2.68	2.61	2.52	2.42	2.32	2.20
0.48	2.63	2.68	2.73	2.77	2.79	2.81	2.82	2.82	2.81	2.79	2.76	2.73	2.68	2.62	2.56	2.48	2.40	2.30	2.20	2.08
0.5	2.47	2.53	2.58	2.62	2.65	2.67	2.68	2.68	2.68	2.66	2.63	2.60	2.55	2.50	2.44	2.36	2.28	2.19	2.09	1.98
0.52	2.32	2.38	2.43	2.47	2.51	2.53	2.54	2.55	2.55	2.53	2.51	2.48	2.43	2.38	2.32	2.25	2.17	2.08	1.98	1.88
0.53	2.17	2.24	2.29	2.34	2.37	2.40	2.42	2.42	2.42	2.41	2.39	2.36	2.32	2.27	2.21	2.15	2.07	1.98	1.89	1.78
0.55	2.04	2.10	2.16	2.21	2.25	2.27	2.29	2.30	2.31	2.30	2.28	2.25	2.21	2.17	2.11	2.05	1.97	1.89	1.80	1.69
0.57	1.91	1.97	2.03	2.08	2.13	2.16	2.18	2.19	2.20	2.19	2.17	2.15	2.11	2.07	2.02	1.96	1.88	1.80	1.71	1.61
0.58	1.78	1.85	1.92	1.97	2.01	2.05	2.07	2.09	2.09	2.09	2.08	2.05	2.02	1.98	1.93	1.87	1.80	1.72	1.63	1.54
0.6	1.66	1.74	1.80	1.86	1.91	1.94	1.97	1.99	2.00	2.00	1.98	1.97	1.94	1.90	1.85	1.79	1.73	1.65	1.56	1.47

0.62	1.55	1.63	1.70	1.76	1.81	1.84	1.87	1.90	1.91	1.91	1.88	1.86	1.82	1.78	1.72	1.66	1.58	1.50	1.41
0.64	1.45	1.53	1.60	1.66	1.71	1.75	1.79	1.81	1.82	1.83	1.81	1.78	1.75	1.71	1.66	1.60	1.52	1.44	1.35
0.65	1.35	1.44	1.51	1.57	1.63	1.67	1.71	1.73	1.75	1.75	1.74	1.72	1.69	1.65	1.60	1.54	1.47	1.39	1.31
0.67	1.26	1.35	1.42	1.49	1.55	1.59	1.63	1.66	1.68	1.69	1.68	1.66	1.63	1.59	1.55	1.49	1.43	1.35	1.27
0.69	1.18	1.27	1.34	1.41	1.47	1.52	1.56	1.59	1.62	1.63	1.62	1.61	1.58	1.55	1.50	1.45	1.39	1.31	1.23
0.7	1.10	1.19	1.27	1.34	1.41	1.46	1.50	1.54	1.56	1.57	1.58	1.56	1.54	1.51	1.47	1.41	1.35	1.28	1.21
0.72	1.03	1.13	1.21	1.28	1.35	1.40	1.45	1.48	1.51	1.53	1.53	1.52	1.50	1.47	1.44	1.39	1.33	1.26	1.19
0.74	0.97	1.06	1.15	1.23	1.29	1.35	1.40	1.44	1.47	1.49	1.50	1.49	1.47	1.45	1.41	1.37	1.31	1.25	1.17
0.76	0.91	1.01	1.10	1.18	1.25	1.31	1.36	1.40	1.43	1.46	1.47	1.47	1.45	1.43	1.39	1.35	1.30	1.24	1.16

Затраты на компоненты

$\frac{U_z}{U_1}$	0.4	0.42	0.44	0.46	0.48	0.5	0.52	0.54	0.56	0.58	0.62	0.64	0.66	0.68	0.7	0.72	0.74	0.76	0.78
0.43	3558	3547	3528	3490	3468	3244	3136	3074	3069	3056	2987	2879	2869	2825	2791	2699	2632	2593	2562
0.45	3553	3542	3522	3484	3462	3236	3127	3062	3056	3042	2971	2864	2802	2794	2760	2667	2601	2568	2533
0.46	3548	3537	3516	3478	3456	3228	3118	3050	3043	3028	2955	2849	2779	2763	2729	2635	2570	2531	2504
0.48	3543	3532	3510	3472	3450	3220	3109	3038	3030	3014	2939	2834	2765	2732	2698	2603	2539	2524	2475
0.5	3538	3527	3504	3466	3444	3212	3100	3026	3017	3000	2923	2819	2660	2701	2667	2571	2508	2512	2446
0.52	3533	3522	3498	3460	3438	3204	3091	3014	3004	2986	2907	2804	2702	2670	2636	2539	2477	2510	2417
0.53	3528	3517	3492	3454	3432	3196	3082	3002	2991	2972	2891	2789	2688	2639	2605	2507	2446	2506	2388
0.55	3523	3512	3486	3448	3426	3188	3073	2990	2978	2958	2875	2774	2524	2608	2574	2475	2415	2502	2359
0.57	3518	3507	3480	3442	3420	3180	3064	2978	2965	2944	2859	2759	2503	2577	2543	2443	2384	2473	2330
0.58	3513	3502	3474	3436	3414	3172	3055	2966	2952	2930	2843	2744	2495	2546	2512	2411	2353	2444	2301
0.6	3508	3497	3468	3430	3408	3164	3046	2954	2939	2916	2827	2729	2441	2515	2481	2379	2322	2415	2272
0.62	3503	3492	3462	3424	3402	3156	3037	2942	2926	2902	2811	2714	2384	2484	2450	2347	2291	2386	2243
0.64	3498	3487	3456	3418	3396	3148	3028	2930	2913	2888	2795	2699	2371	2453	2419	2315	2260	2357	2214
0.65	3493	3482	3450	3412	3390	3140	3019	2918	2900	2874	2779	2684	2369	2422	2388	2283	2229	2328	2185
0.67	3488	3477	3444	3406	3384	3132	3010	2906	2887	2860	2763	2669	2348	2391	2357	2251	2198	2299	2156
0.69	3483	3472	3438	3400	3378	3124	3001	2894	2874	2846	2747	2654	2346	2360	2326	2219	2167	2270	2127
0.7	3478	3467	3432	3394	3372	3116	2992	2882	2861	2832	2731	2639	2312	2329	2295	2187	2136	2241	2098
0.72	3473	3462	3426	3388	3366	3108	2983	2870	2848	2818	2715	2624	2275	2298	2264	2155	2105	2212	2069
0.74	3468	3457	3420	3382	3360	3100	2974	2858	2835	2804	2699	2609	2268	2267	2233	2123	2074	2183	2040
0.76	3463	3452	3414	3376	3354	3092	2965	2846	2822	2790	2683	2594	2253	2236	2202	2091	2043	2154	2011

Производственные издержки

$\frac{U_2}{U_1}$	0.4	0.42	0.44	0.46	0.48	0.5	0.52	0.54	0.56	0.58	0.6	0.62	0.64	0.66	0.68	0.7	0.72	0.74	0.76	0.78
0.43	4491	4483	4465	4423	4399	4137	4010	3937	3929	3911	3844	3821	3690	3671	3612	3564	3446	3358	3301	3253
0.45	4467	4459	4440	4399	4375	4111	3984	3907	3898	3879	3814	3788	3657	3578	3562	3514	3396	3308	3259	3206
0.46	4444	4436	4416	4375	4352	4085	3957	3877	3868	3848	3784	3755	3625	3537	3512	3465	3345	3259	3203	3159
0.48	4422	4414	4393	4353	4329	4061	3932	3848	3838	3817	3754	3723	3595	3508	3463	3415	3296	3211	3183	3113
0.5	4400	4393	4371	4331	4308	4038	3907	3820	3810	3788	3726	3691	3564	3373	3415	3367	3246	3163	46294	3069
0.52	4379	4373	4349	4309	4287	4014	3883	3793	3781	3758	3699	3661	3535	3410	3366	3319	3198	3116	3145	3025
0.53	4359	4353	4328	4289	4266	3992	3860	3766	3753	3730	3672	3630	3506	3382	3319	3273	3150	3069	3131	2981
0.55	4340	4333	4308	4269	4247	3969	3836	3740	3727	3702	3645	3600	3477	3180	3273	3227	3102	3024	3117	2938
0.57	4321	4314	4288	4249	4228	3949	3815	3715	3701	3675	3619	3571	3450	3145	3227	3181	3056	2979	3074	2896
0.58	4302	4296	4270	4231	4209	3929	3793	3691	3674	3649	3595	3542	3423	3127	3182	3136	3010	2934	3032	2855
0.6	4284	4279	4251	4213	4192	3908	3773	3667	3650	3623	3569	3516	3398	3056	3137	3091	2966	2891	2991	2814
0.62	4267	4262	4234	4195	4175	3889	3752	3644	3626	3598	3546	3488	3372	2981	3094	3048	2921	2847	2951	2774
0.64	4251	4246	4217	4178	4158	3870	3734	3621	3602	3573	3523	3462	3346	2958	3051	3006	2878	2805	2911	2734
0.65	4235	4232	4201	4162	4143	3853	3715	3598	3579	3549	3501	3436	3323	2950	3008	2963	2834	2764	2872	2696
0.67	4221	4217	4185	4147	4128	3836	3696	3577	3557	3526	3479	3412	3299	2919	2966	2922	2791	2723	2834	2658
0.69	4207	4203	4170	4132	4112	3819	3679	3556	3536	3504	3458	3387	3277	2912	2925	2881	2750	2683	2796	2620
0.7	4193	4189	4156	4118	4099	3804	3662	3537	3515	3482	3438	3364	3254	2868	2885	2841	2708	2642	2759	2584
0.72	4180	4177	4143	4105	4086	3789	3647	3517	3494	3461	3419	3340	3232	2821	2845	2802	2669	2604	2723	2548
0.74	4168	4164	4130	4093	4073	3774	3631	3499	3475	3441	3399	3318	3212	2809	2806	2762	2629	2566	2688	2512
0.76	4156	4153	4118	4081	4062	3761	3617	3481	3456	3421	3381	3297	3192	2790	2768	2724	2590	2528	2653	2477

Расчет нагрузок на плиту перекрытия над подвалом

Размеры плиты номинальные: 1,5×6,0 м.

Расчетная длина пролета: 5565 мм.

Класс бетона: В 25.

Класс напрягаемой арматуры А_Т 800 (А_Т – V)

$$l_{пл} = l - 300 - 10 = 6000 - 300 - 10 = 5690 \text{ мм,}$$

$$l_p = l_{пл} - 125 = 5690 - 125 = 5565 \text{ мм.}$$

Плита предварительно напряженная, класс бетона В 25.

Класс бетона В25, $R_b = 14,5$ МПа, $R_{bt} = 1,05$ МПа.

Статистический расчет плиты

Определим расчетные усилия. Расчетной схемой плиты является простая балка (свободно опертая), загруженная равномерно распределенной нагрузкой.

Сбор нагрузок осуществляется в табличной форме для принятой конструкции покрытия.

Сбор нагрузок для конструкции покрытия

Вид нагрузки	Нормативная нагрузка q_n (кН/м ²)	γ_f	Расчетная нагрузка q_p (кН/м ²)
Постоянная нагрузка: 1. Собственный вес пола из керамической плитки $\delta \cdot \gamma_0 = 0,01 \cdot 20 = 0,2$ (кН/м ²)	0,2	1,1	0,22
2. Цементная стяжка: $\delta \cdot \gamma_0 = 0,01 \cdot 18 = 0,36$ (кН/м ²)	0,36	1,3	0,47
3. Собственный вес пустотной плиты	3,0	1,1	3,3
Итого:	3,56		3,99
4. Временная нагрузка	1,5	1,3	1,95
Всего	5,06		5,94

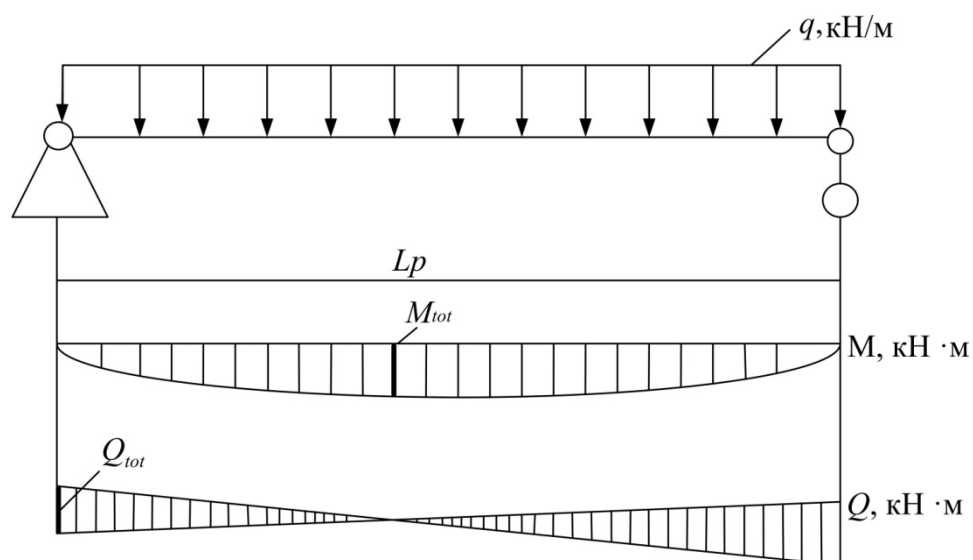
Погонные нагрузки:

– расчетная погонная:

$$q = g \cdot b_{\text{пол.нормин}} = 5,94 \cdot 1,5 = 8,91 \text{ кН/м},$$

– нормативная погонная:

$$q^n = g^n \cdot b_{\text{пол.нормин}} = 5,06 \cdot 1,5 = 7,59 \text{ кН/м},$$



Определение момента и поперечного усилия от действия полной расчетной нагрузки

Момент от действия полной расчетной нагрузки:

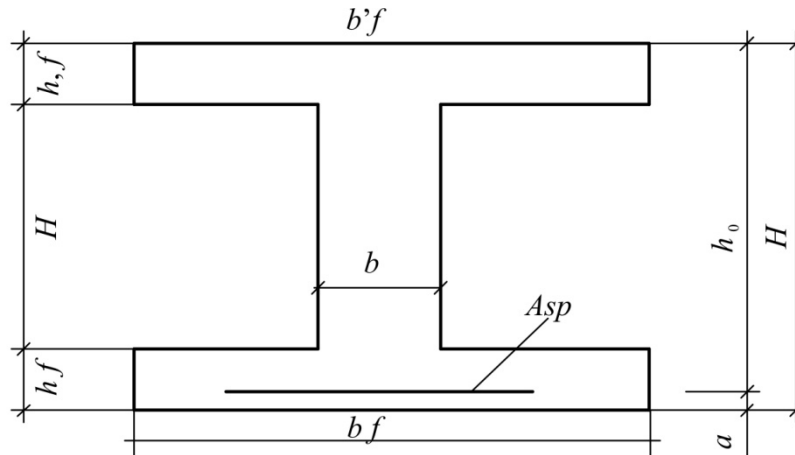
$$M_{tot} = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{8,91 \cdot 5,86^2}{8} = 38,25 \text{ кНм},$$

Поперечное усилие от действия полной расчетной нагрузки:

$$Q_{tot} = \frac{q \cdot l}{2} = \frac{8,91 \cdot 5,86}{2} = 26,11 \text{ кНм}.$$

Конструктивный расчет

Расчет по первой группе предельных состояний



Геометрические характеристики расчетного сечения

Количество пустот в плите – 7 штук.

$$b'f = b_{\text{пл}} - 40 = 1500 - 40 = 1460 \text{ мм},$$

$$bf = b_{\text{пл}} - 40 = 1500 - 10 = 1490 \text{ мм}.$$

Площадь пустот:

$$A^{\text{пуст}} = \frac{\pi d^2}{4} n = 1389,2 \text{ м}^2,$$

$$h^2 = \frac{\pi d^2}{4} \rightarrow h = \frac{d}{2} \sqrt{\pi} = 140,9 \text{ мм}^2,$$

где h – высота ребра таврового сечения.

Приведенная ширина всех пустот:

$$b_{\text{пустот}} = \frac{A^{\text{пуст}}}{h} = \frac{1389,2}{14,09} = 98,7 \text{ см}^2.$$

Ширина полки:

$$b = b'f - b_{\text{пустот}} = 1460 - 987 = 473 \text{ мм}.$$

Высота полки:

$$h_f = h_f = \frac{H}{2} - \frac{h}{2} = \frac{220}{2} - \frac{140,9}{2} = 39,55 \text{ мм}.$$

Расчет по нормальному сечению

Расчет прочности нормальных сечений производится в зависимости от расположения нейтральной оси. Для этого необходимо найти положение нейтральной оси и определить момент, который воспринимает полка. Примем прочность сжатой ненапряженной арматуры $A's = 0$.

Рабочая высота сечения:

$$h_0 = H - a = 220 - 30 = 199 \text{ мм},$$

где $a = 30$ мм.

Момент, воспринимаемый полкой:

$$\begin{aligned} M_f &= R_b \gamma_{b1} h_f b_f (h_0 - 0,5 h_f) = \\ &= 14,5 \cdot 10^3 \cdot 0,9 \cdot 0,00396 \cdot 1,46 \cdot (0,190 - 0,5 \cdot 0,0396) = 128,41 \text{ кНм}. \end{aligned}$$

Если $M_f > M_{tot} \rightarrow$ нейтральная ось проходит в полке, сечение рассчитывается как прямоугольное.

Определим относительный момент α_m :

$$\alpha_m = \frac{M_{tot}}{R_b \gamma_{b1} b_f h_0^2} = \frac{33,91}{14,5 \cdot 10^3 \cdot 0,9 \cdot 1,46 \cdot 0,19^2} = 0,0628.$$

По таблице 3 пособия к СП 52-102-2004 определяем $\xi_R = 0,45$.

Граничный относительный момент:

$$\alpha_r = 0,45(1 - 0,5 \cdot 0,45) = 0,35.$$

Относительная высота сжатой зоны бетона:

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,0628} = 0,0649.$$

Проверяем условия: $\alpha_m < \alpha_r \rightarrow 0,0649 < 0,35$.

Определяем требуемую площадь напрягаемой арматуры:

$$A_{sp}^{mp} = \frac{R_b \gamma_{b1} b_f h_0 (1 - (\sqrt{1 - 2\alpha_m}))}{R_s} = \frac{14,5 \cdot 0,9 \cdot 1,460 \cdot 190 (1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,0628})}{695} = 312,52 \text{ мм}^2.$$

Принимаем 5 стержней диаметром 10 $A_{sp} = 393 \text{ мм}^2$.

Проверка несущей способности плиты:

$$M_{ult} = R_b \gamma_{b1} b_f' x (h_0 - 0,5x) \geq M_{tot},$$

$$x = \frac{R_s A_{sp}}{R_b \gamma_{b1} b_f'} = \frac{695 \cdot 10^3 \cdot 0,000393}{14,5 \cdot 10^3 \cdot 0,9 \cdot 1,14} = 0,018,$$

$$x < h_f' \rightarrow 0,018 < 0,00395,$$

$$M_{ult} = R_b \gamma_{b1} b_f' x (h_0 - 0,5x) = 14,5 \cdot 10^3 \cdot 0,9 \cdot 1,14 \cdot 0,018 (0,19 - 0,5 \cdot 0,018) = 48,46 \text{ кНм},$$

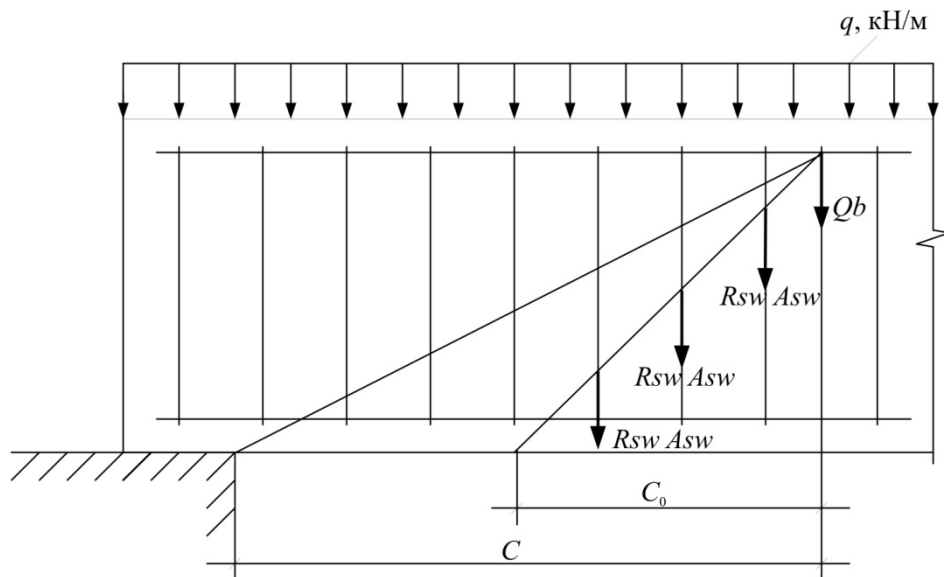
$$48,46 > M_{tot} = 33,91 \text{ кНм}.$$

Несущая способность плиты обеспечена.

Расчет прочности наклонных сечений

Расчет прочности наклонных сечений выполняют на действия M и Q .

Расчет наклонного сечения на действие Q :



Расчет прочности наклонных сечений

Выполним проверку по полосе между наклонными сечениями:

$$Q_1 \leq 0,3 R_b \gamma_{b1} b h_0,$$

где Q_1 – поперечная сила в нормальном сечении на расстоянии не менее h_0 от опоры,

$$Q_1 = Q_{tot} - q h_0 = 24,37 - 8,76 \cdot 0,19 = 22,70 \text{ кНм},$$

$$0,3R_b\gamma_{bt}bh_0 = 0,3 \cdot 14,5 \cdot 10^3 \cdot 0,9 \cdot 0,473 \cdot 0,19 = 351,84 \text{ кНм};$$

22,70кНм ≤ 351,84 кНм → прочность обеспечена.

Проверка необходимости установки поперечной арматуры:

$$Q_{tot} \leq Q_{b,\min}$$

$Q_{b,\min}$ – min поперечная сила, воспринимаемая бетоном.

$$Q_{b,\min} = 0,5\varphi_n R_{bt} \gamma_{bt} bh_0,$$

$$\varphi_n = 1 + \frac{1,6P_{(2)}}{R_b\gamma_{bt}A_1} - 1,16\left(\frac{P_{(2)}}{R_b\gamma_{bt}A_1}\right)^2,$$

где $P_{(2)}$ – усилие обжатия с учетом полных потерь преднапряжения,

$$P_{(2)} = (\sigma_{sp} - \Delta\sigma_{sp})A_{sp},$$

где $\sigma_{sp} = 0,9R_{sp} = 0,9 \cdot 800 = 720$ МПа.

$$P_{(2)} = ((720 - 100)10^3))314 \cdot 10^{-6} = 194,68 \text{ кНН.}$$

$$A_1 = h_f b_f + b(h + h_f) = 0,0396 \cdot 1,49 + 0,473(0,14 + 0,396) = 0,143 \text{ м}^2.$$

$$\varphi_n = 1 + \frac{1,6 \cdot 194,68}{14,5 \cdot 10^3 \cdot 0,9 \cdot 0,143} - 1,16\left(\frac{194,68}{14,5 \cdot 10^3 \cdot 0,9 \cdot 0,143}\right)^2 = 1,154 - 0,012 = 1,092.$$

$$Q_{b,\min} = 0,5 \cdot 1,092 \cdot 1,05 \cdot 10^3 \cdot 0,9 \cdot 0,473 \cdot 0,19 = 46,37 \text{ кНм.}$$

17,37кНм ≤ 46,37 кНм → хомуты по расчету не требуются, устанавливаем конструктивно с шагом $S_w = 100$ мм.

Диаметр хомутов принимаем $d_{sw} = 3$ мм, класс арматуры В500.

Определяем усилия, воспринимаемые хомутами на единицу длины:

$$q_{sw} = (R_{sw} A_{sw} n_w) / S_w,$$

где $R_{sw} = 300$ для арматуры В500; n_w – количество хомутов в сечении плиты, принимаем равным числу стержней напрягаемой арматуры; s_w – шаг хомутов; A_{sw} – площадь поперечного стержня одного хомута.

Определяем длину проекции наиболее опасной наклонной трещины c_0 :

$$c_0 = 2h_0 = 2 \cdot 0,19 = 0,38 \text{ м.}$$

Определяем поперечную силу, воспринимаемую хомутами по наклонному сечению:

$$Q_{sw} = 0,75q_{sw} \cdot c_0 = 0,75 \cdot 294 \cdot 0,38 = 83,79 \text{ кН.}$$

Определяем поперечную силу, воспринимаемую бетоном по наклонному сечению:

$$Q_b = (1,5\varphi_n R_{bt} \gamma_{b1} b h_0^2) / c ,$$

где c – длина проекции наклонного сечения,

$$c = \sqrt{\frac{M_b}{q}} ; c \leq 3h_0 ,$$

где M_b – момент, воспринимаемый бетоном по наклонному сечению,

$$M_b = 1,5\varphi_n R_{bt} \gamma_{b1} b h_0^2 = 1,5 \cdot 1,092 \cdot 1,05 \cdot 10^3 \cdot 0,9 \cdot 0,473 \cdot 0,190^2 = 26,43 \text{ кНм.}$$

$$c = \sqrt{\frac{26,43}{6,24}} = 1,73.$$

$$c \leq 3h_0 = 3 \cdot 0,19 = 0,57.$$

$$Q_b = (1,5 \cdot 1,092 \cdot 1,05 \cdot 10^3 \cdot 0,9 \cdot 0,473 \cdot 0,190^2) / 0,57 = 35,24 \text{ кН.}$$

Проверим условие прочности по наклонному сечению:

$$Q \leq Q_b + Q_{sw} ,$$

где Q – поперечная сила в наклонном сечении с длиной проекции c .

$$Q = Q_{tot} - qc = 24,37 - 8,76 \cdot 0,57 = 19,37 \text{ кН.}$$

$$Q_b + Q_{sw} = 35,24 + 83,79 = 119,03 \text{ кН.}$$

$$19,37 \text{ кН} \leq 119,03 \text{ кН} \rightarrow \text{прочность обеспечена.}$$

Вывод: прочность бетона обеспечена по всем позициям.

Акты внедрения результатов работы

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»
(ПНИПУ)

614990, Пермский край, г.Пермь, Комсомольский проспект, д.29.

Тел.: 8 (342) 219-80-67, 212-39-27. Факс: 8 (342) 212-11-47

E-mail: rector@pstu.ru; <http://www.pstu.ru>

ОКПО 02069065 ОГРН 1025900513924 ИНН/КПП 5902291029/590201001

№ _____
На № _____ от _____



УТВЕРЖДАЮ:

Директор по учебной работе,
канд. техн. наук, профессор
Лобов Н.В.

«29» мая 2018 г.

АКТ

внедрения результатов научно-квалификационной работы (диссертации)
Кривогиной Дарьи Николаевны
в учебный процесс на кафедре «Строительный инжиниринг и материаловедение»

г. Пермь

от «25» мая 2018 г.

Комиссия в составе:

председатель комиссии:

канд. техн. наук, Сарайкина К.А., и.о. декана строительного факультета

члены комиссии:

канд. техн. наук, Шаманов Виталий Альбертович, заместитель заведующего кафедрой
«Строительный инжиниринг и материаловедение»

канд. экон. наук, доцент Алексеев Александр Олегович, заместитель заведующего
кафедрой «Строительный инжиниринг и материаловедение»

составила настоящий Акт о том, что Кривогиной Д. Н. на кафедре «Строительный инжиниринг и материаловедение» Строительного факультета ПНИПУ используются следующие результаты ее диссертационной работы в учебном процессе:

1. Разработанная концепция выбора оптимальных технологических процессов производства ассортимента строительных материалов, используется при изучении дисциплины «Методология научных исследований», включённой в программу подготовки магистров по направлению 08.04.01 «Строительство», профилю «Строительные материалы и изделия»;



Сертифицировано
«РУССКИМ РЕГИСТРОМ»

2. Процедуры математической постановки и решения задач оптимизации технологических процессов производства строительных материалов используются при изучении дисциплины «Оптимизация и управление технологическими процессами», включённой в программу подготовки магистров по направлению 08.04.01 «Строительство», профилю «Строительные материалы и изделия»;

Использование данных результатов существенно дополнило теоретическую и методическую базу кафедры разработанными авторскими результатами в области оптимизации и управления технологическими процессами производства строительных материалов, что оказало положительное влияние на качество образовательного процесса.

Председатель комиссии:

И.о. декана строительного факультета ПНИПУ
ПНИПУ

Сарайкина К.А.
канд. техн. наук

Члены комиссии:

Зам. заведующего кафедрой
«Строительный инжиниринг
и материаловедение»

Шаманов В.А.
канд. техн. наук

Зам. заведующего кафедрой
«Строительный инжиниринг
и материаловедение»

Алексеев А.О.
канд. экон. наук



Сертифицировано
«РУССКИМ РЕГИСТРОМ»



АО «ПЗСП»
Россия, 614031, город Пермь,
улица Докучаева, дом 31
т. +7 (342) 270-11-77
ф. +7 (342) 270-11-77

ИНН 5903004541, КПП 590150001
ОГРН 1025900760852
Р/счет № 40702810849490141779

ПАО «Сбербанк»
К/счет № 30101810900000000603
БИК 045773603

**Акт использования
результатов диссертационного исследования
Кривогиной Дарьи Николаевны
«Системный анализ ассортимента строительных
материалов и конструкций объектов недвижимости
на основе методов субъектно-ориентированного
управления»**

№ _____ от _____

на № _____ от _____

г. Пермь

«25» сентября 2018г.

При разработке стратегии развития компании ОАО «ПЗСП», были использованы результаты диссертационного исследования Кривогиной Д.Н. «Субъектно-ориентированное управление ассортиментом строительных материалов и конструкций на основе применения методов системного анализа», в частности алгоритмы поддержки принятия управленческих решений в задачах оптимизации процессов производства ассортимента строительных материалов, которые позволяет оценить эффективность принимаемых управленческих решений, а также повысит экономическую эффективность предприятия.

Преимуществом предложенных Кривогиной Д.Н. алгоритмов поддержки принятия решений является выбор смесеобразования строительного материала, предназначенного для производства ассортиментных единиц строительных конструкций на основе учета их функционального назначения и условий эксплуатации в объекте недвижимости.

В результате применения предложенных алгоритмов поддержки принятия решений, разработанных Кривогиной Д.Н., были подобраны оптимальные составы строительной смеси, предназначенные для изготовления трех ассортиментных единиц плит перекрытия. Предложенный алгоритм позволил получить в среднем экономическую выгоду в размере 453 рубля за единицу продукции за счет обоснования оптимальных свойств строительных конструкций и экономии исходных компонентов.

Исполнительный директор
ОАО «ПЗСП»

С.Н. Южаков

demkin@pzsp.ru
www.pzsp.ru



АО «ПЗСП»
Россия, 614031, город Пермь,
улица Докучаева, дом 31
т. +7 (342) 270-11-77
ф. +7 (342) 270-11-77

ИНН 5903004541, КПП 590150001
ОГРН 1025900760852
Р/счет № 40702810849490141779

ПАО «Сбербанк»
К/счет № 30101810900000000603
БИК 045773603

СПРАВКА

о профессиональных достижениях и заслугах

Южакова Сергея Николаевича

№ _____ от _____
на № _____ от _____

01.12.1996-31.01.2001г.	Заместитель директора по производству АО «ПЗСП»
01.02.2001-26.08.2008г.	Заместитель генерального директора по капитальному строительству АО «ПЗСП»
27.08.2008-25.04.2012г.	Заместитель главы администрации города Перми
01.06.2012-14.05.2013г.	Заместитель главы администрации города Перми
16.05.2013- по н. вр.	Исполнительный директор АО «ПЗСП»
05.07.2005г. присвоено звание «Почетный строитель России».	

Руководитель службы управления персоналом



С.Е.Елтышева

Акт
о внедрении научных результатов диссертации
Кривогиной Д. Н.

г. Пермь

«18» июня 2018 г.

Результаты диссертационного исследования Кривогиной Д.Н., представленного на соискание ученой степени кандидата технических наук, использованы в практике деятельности компании АО «СтройПанельКомплект» в следующих аспектах.

1. При разработке перспектив развития компании в отношении поиска заказчиков на разработку и расширение ассортимента строительных материалов.
2. При анализе направлений автоматизации производственных процессов с использованием представленных в диссертации процедур математической постановки и решения задач оптимизации технологических процессов производства строительных материалов.
3. При разработке перспективных стратегий взаимоотношения с потребителями в области ценообразования производимой продукции.

Использование результатов диссертационной работы позволит повысить техническую и экономическую эффективность деятельности предприятия в складывающихся ситуациях строительной отрасли.

Генеральный директор АО «СтройПанельКомплект»

В.П.Суетин





З А О « Э р о н »
 строительное проектирование и конструирование, обследование технического состояния зданий
 и сооружений, инженеринговые услуги

Адрес: 614015, г. Пермь ул. Монастырская, 12а. тел./факс (342) 235-03-39, тел. 277-97-25 E-mail:
 diregon@bk.ru. ИНН 5905017458. КПП 590401001. Расчетный счет 40702810749090172756 в ПАО
 "Сбербанк России" Западно-Уральский банк г. Пермь, БИК 045773603, корсчет 30101810900000000603



УТВЕРЖДАЮ
 Генеральный директор АО «ЭРОН»
 Е.И. Новопашина
 «18» октября 2018 г.

Акт

**о внедрении (использовании) результатов
 кандидатской диссертационной работы
 Кривогиной Дарьи Николаевны**

Комиссия от АО «Эрон» в составе

Главный инженер проекта, председатель комиссии – Дмитриюков М.С.,

Главный архитектор проектов, ведущий специалист – Туккаев А.Г.

Составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы Кривогиной Д.Н., направленные на совершенствование методов выбора строительных материалов для изготовления строительных конструкций на основе ассортиментного подхода, приняты к реализации в оценке технического состояния железобетонных конструкций здания. Целесообразность применения ассортиментного подхода подтверждается результатами детального (инструментального) обследования конструкций перекрытия над подвалом здания МАОУ «Средняя общеобразовательная школа №32 им. Г.А. Сборщикова г. Перми. При помощи предложенной автором информационной системы для плит перекрытия над подвалом был подобран состав бетонной смеси с оптимальным набором эксплуатационных характеристик, а также построена зависимость долговечности конструктивных элементов от исходных (заводских) значений параметров характеристик строительной продукции (прочность при сжатии, морозостойкость). Использование основных результатов диссертационного исследования позволяет:

1. Обеспечить высокую степень соответствия свойств строительных конструкций складывающимся для них условиям эксплуатации и функциональному назначению в здании;
2. Исключить преждевременное снижение показателей эксплуатационных характеристик конструктивных элементов здания;
3. Исключить излишний расход ресурсов строительной отрасли.

Председатель комиссии,
 главный инженер проекта АО «Эрон»
 Главный архитектор проектов,
 ведущий специалист АО «Эрон»

М.С. Дмитриюков

А.Г. Туккаев

ПРИЛОЖЕНИЕ К

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2018614405

**Автоматизированная система субъектно-ориентированного
решения линейных задач ранжирования/выбора на основе
соединения креативности и технологичности
(«Джобс-Декон»)**

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования «Пермский
национальный исследовательский политехнический
университет» (RU)*

Авторы: *см. на обороте*

Заявка № **2018611800**
Дата поступления **22 февраля 2018 г.**
Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ **05 апреля 2018 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

 **Г.П. Ильин**



Авторы: *Алексеев Александр Олегович (RU), Вычегжанин Антон Валерьевич (RU), Дмитрюков Максим Сергеевич (RU), Кривогица Дарья Николаевна (RU), Мелехин Максим Игоревич (RU), Харитонов Валерий Алексеевич (RU), Шайдулин Роман Фаритович (RU)*