



Ссылка для цитирования:

Мельник О. В., Орлов В. А. Исследования микробиологического состава сточных вод и газовой среды в воздушном пространстве самотечных трубопроводов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 4 (42). С. 29–34.

УДК 691.322

DOI 10.52684/2312-3702-2022-42-4-34-39

ОЦЕНКА РИСКОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Л. Н. Лисиенкова, Л. С. Носова, И. Г. Рекус

Лисиенкова Любовь Николаевна, доктор технических наук, доцент кафедры комплексной безопасности в строительстве, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Российская Федерация, тел.: +7-977-499-35-04; e-mail: lisienkovaln@mail.ru;

Носова Людмила Сергеевна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры информатики, информационных технологий и методики обучения информатике, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Челябинск, Российская Федерация, тел.: +7(351)216-63-09; e-mail: nosovals@csru.ru;

Рекус Ирина Григорьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры инновационных материалов принтмедиаиндустрии, Московский политехнический университет, г. Москва, Российская Федерация, тел.: +7-915-002-80-16; e-mail: irina.rekus@mail.ru

Исследован процесс проектирования состава бетонной смеси на основе риск-ориентированного подхода. Для обнаружения и расчета рисков использован экспертный метод. По результатам экспертного анализа проведен FMEA-анализ и установлены потенциальные риски на этапе проектирования бетонной смеси. В экспериментальной части рассчитаны количественные характеристики отказов (приоритетное число риска) с учетом их значимости по последствиям, вероятности возникновения и обнаружения. Установлены отказы, имеющие наибольшее приоритетное число риска на этапах определения расхода портландцемента, фракций мелкого заполнителя, водоцементного соотношения бетонной смеси, коэффициента качества крупного заполнителя. Полученные результаты используются при оптимизации состава бетонной смеси.

Ключевые слова: *риски, бетонные смеси, проектирование, FMEA-анализ, приоритетное число риска, портландцемент.*

RISK ASSESSMENT IN THE DESIGN OF CONCRETE MIXTURES

L. N. Lisiyenkova, L. S. Nosova, I. G. Rekus

Lisiyenkova Lyubov Nikolayevna, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor Department of Integrated Safety in Civil Engineering, Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russian Federation, phone: +7-977)499-35-04; e-mail: lisienkovaln@mail.ru;

Nosova Lyudmila Sergeevna, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Informatics, Information Technologies and Methods of Teaching Informatics, South Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk, Russian Federation, phone: +7(351)216-63-09; e-mail: nosovals@csru.ru;

Rekus Irina Grigoryevna, Candidate of Technical Science, Associate Professor of the Department of Innovative Materials for the Print Media Industry, Moscow Polytechnic University, Moscow, Russian Federation, phone: +7-915-002-80-16; e-mail: irina.rekus@mail.ru

This article is dedicated to the process of the concrete mixture composition design based on a risk-oriented approach. For risk detection and calculation, the expert-assessment method has been used. Based on the results of the expert-assessment method, an FMEA analysis has been carried out and potential risks have been identified at the design stage for the concrete mixture composition. In the experimental part, the quantitative characteristics of failures (the priority number of risk) have been calculated considering their significance in terms of consequences, the probability of occurrence and the probability of detection. As a result, failures that have the highest priority number of risk at the stages of determining the consumption of Portland cement, fractions of fine aggregate, water-cement ratio of the concrete mix, quality factor of coarse aggregate have been identified. The research results have been used to optimize the composition of the concrete mixture.

Keywords: *risks, concrete mixtures, design, FMEA analysis, risk priority number, Portland cement.*

Введение

Ошибки при проектировании состава бетонной смеси приводят к снижению показателя качества и прочностных характеристик бетонных и железобетонных конструкций. Следовательно, возникает проблема, связанная с контролем качества. Правильно подобранный состав является основой для обеспечения требуемой прочности бетонных и железобетонных конструкций [1–5].

В Российской Федерации проектирование состава осуществляется в соответствии с нормативными требованиями [6]. На данном этапе необходимо учитывать степень влияния человеческого фактора. Например, ошибка в определении удобоукладываемости смеси может привести к ее расслаиваемости.

Процесс производства бетонных смесей регламентируется и содержит основные операции: дозирование сыпучих материалов; перемешивание их с добавлением воды; выгрузка готовой смеси [7].

С точки зрения выявления рисков производство железобетонных конструкций имеет ряд особенностей:

- большое число операций (от проектирования состава бетонной смеси до распалубливания уже готовых железобетонных конструкций);
- низкая автоматизация и влияние человеческого фактора;
- высокая вариабельность причин и последствий отказов.

Возникающие ошибки при проектировании состава бетонной смеси повышают риск возникновения отказов на отдельных технологических операциях производства железобетона и в готовых конструкциях.

Объекты и методы исследования

Для идентификации рисков выделены этапы проектирования бетонной смеси [6]. Основные из них представлены на рисунке 1.

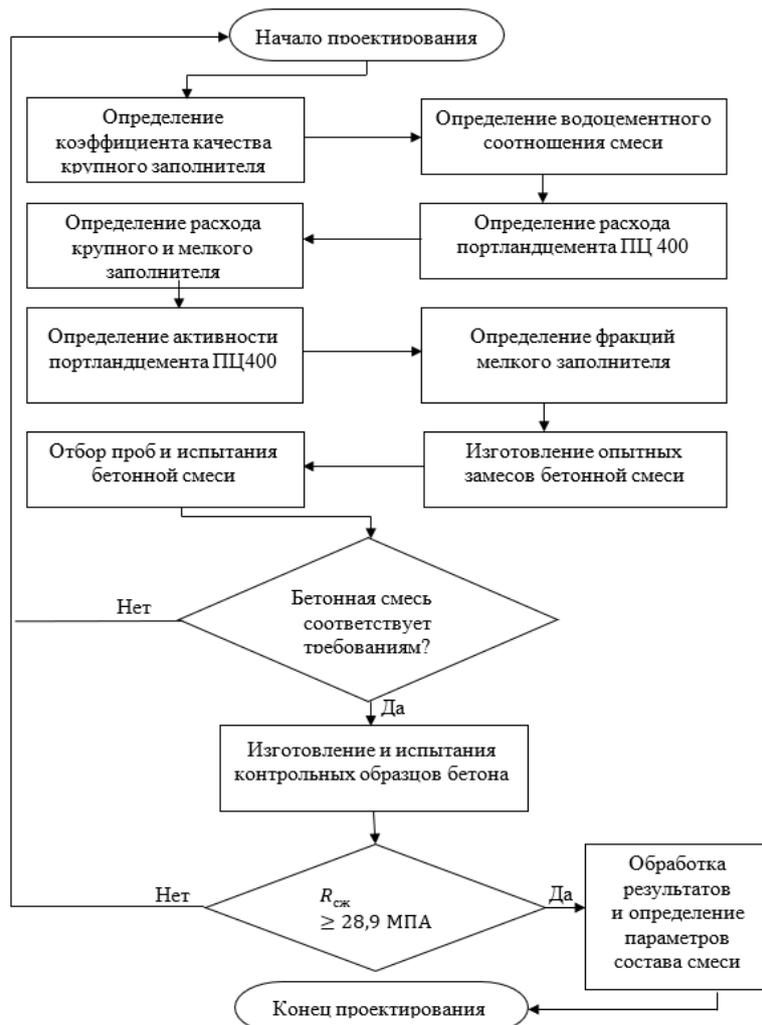


Рис. 1. Этапы проектирования бетонной смеси

Этапы изготовления опытных замесов, отбора проб и испытания бетонной смеси

включают множество факторов и имеют высокий параметр тяжести последствий

несоответствий (10 и 8 соответственно). Очевидно, что для корректного определения диапазона варьирования множества факторов на этих этапах проектирования смеси требуется продолжение исследований в данном направлении.

Анализ нормативной документации показал, что качество смеси тяжелого бетона и прочностные характеристики готового железобетона напрямую зависят от процесса проектирования состава.

Основными компонентами бетонной смеси (БСТ В22,5 П2F200 W8) являются гидравлическое вяжущее вещество – портландцемент ПЦ400, вода (без примесей щелочей и кислот), щебень гранитный и чистый песок в качестве крупного и мелкого заполнителя соответственно [8].

Несоответствия, возникающие в определении компонентов бетонной смеси, значительно влияют на прочность готового бетона. Таким образом, необходимо идентифицировать причины возникновения отказов (несоответствий) в процессе проектирования и обосновать целесообразность контроля следующих параметров:

- коэффициент качества крупного заполнителя;
- водоцементное соотношение бетонной смеси;
- расход крупного и мелкого заполнителя, кг/м³;
- расход портландцемента, кг/м³;
- активность портландцемента, МПа;
- фракция мелкого заполнителя, мм.

Для обнаружения и оценки рисков при проектировании состава бетонной смеси тяжелого бетона использован экспертный метод, по результатам которого выполнен FMEA-анализ в соответствии с ГОСТ Р 51901.12–2007 [9]. На рисунке 2 приведена блок-схема, описывающая процедуру FMEA-анализа.

Этапы изготовления опытных замесов, отбора проб и испытания бетонной смеси включают множество факторов и имеют высокий параметр тяжести последствий несоответствий (10 и 8 соответственно). Очевидно, что для корректного определения диапазона варьирования множества факторов на этих этапах проектирования смеси требуется продолжение исследований в данном направлении.

В таблице 1 приведена квалиметрическая шкала для выставления оценок возможных отказов.

Произведение трех оценок (S, O, D) позволит определить количественную характеристику отказов (приоритетное число риска) при проектировании состава бетонной смеси с точки зрения их значимости по последствиям, вероятности возникновения и обнаружения.

Приоритетное число риска определялось с помощью формулы:

$$ПЧР = S \cdot O \cdot D,$$

где S – ранг значимости; O – ранг возникновения; D – ранг обнаружения.

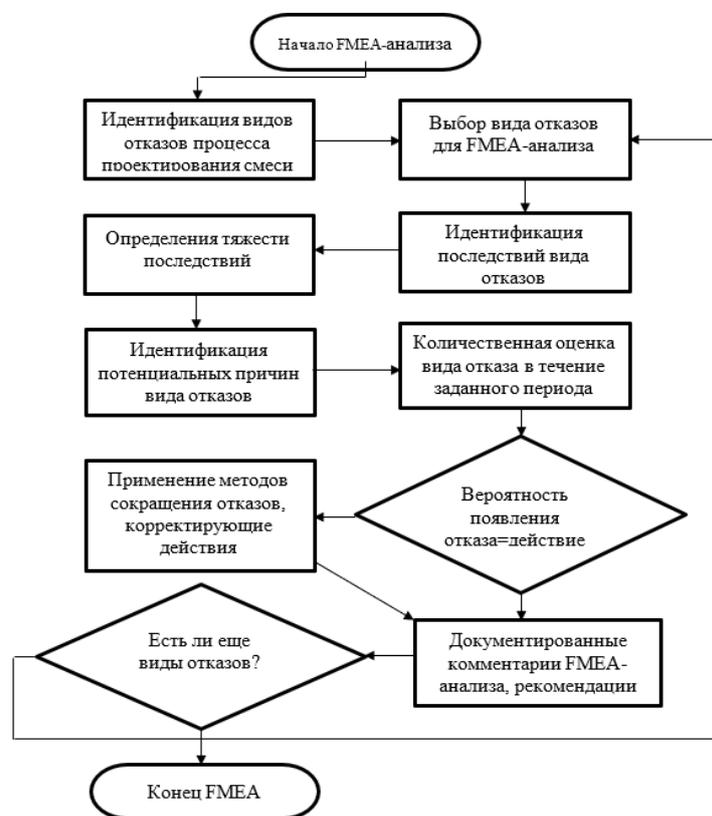


Рис. 2. Блок-схема проведения FMEA-анализа



Таблица 1

Квалиметрическая шкала для выставления оценок возможных отказов

Ранг значимости (S)	Ранг возникновения (O)	Ранг обнаружения (D)
1 – отсутствует	1 – очень низкая, несоответствие (отказ) маловероятен	1 – практически стопроцентно несоответствие будет обнаружено
2 – очень незначительная	2, 3 – низкая, относительно мало несоответствий (отказов)	2 – очень высок шанс обнаружить несоответствие (отказ)
3 – незначительная		3 – высокий шанс обнаружить несоответствие (отказ)
4 – очень низкая	4, 5, 6 – умеренная, несоответствия (отказы) возможны	4 – умеренно высокий шанс обнаружить несоответствие (отказ)
5 – низкая		5 – умеренный шанс обнаружить несоответствие (отказ)
6 – умеренная		6 – низкий шанс обнаружить несоответствие (отказ)
7 – высокая	7, 8 – наличие повторных несоответствий (отказов)	7 – очень низкий шанс обнаружить несоответствие (отказ)
8 – очень высокая		8 – маловероятно обнаружить несоответствие (отказ)
9 – опасная с предупреждением об опасности	9, 10 – несоответствие (отказ) почти неизбежно	9 – почти невероятно обнаружить несоответствие (отказ)
10 – опасная без предупреждения об опасности		10 – невозможно обнаружить несоответствие (отказ)

Результаты оценки рисков при проектировании бетонной смеси

Результаты FMEA-анализа группой экспертов с указанием балльных оценок приведены в таблице 3. Приоритетное число риска (ПЧР) для каждого этапа рассчитывалось по формуле.

По результатам FMEA-анализа (табл. 2) установлены наиболее значимые факторы, приводящие к

несоответствию бетонной смеси требованиям нормативной документации, необоснованному перерасходу компонентов. В конечном итоге могут снизиться прочностные характеристики готовых железобетонных конструкций. Наиболее значимые факторы с указанием приоритетного числа риска представлены в таблице 3.

Таблица 2

Результаты FMEA-анализа

Этап проектирования	Проявление отказа	Причины отказов	Последствия отказов	S	O	D	ПЧР
Определение коэффициента качества крупного заполнителя	Снижение коэффициента качества	Человеческий фактор	Уменьшение прочности бетонных конструкций	7	3	7	147
Определение водоцементного отношения бетонной смеси	Повышение водоцементного отношения	Человеческий фактор	Повышение нормативов расслаиваемости бетонной смеси	9	2	6	108
Определение расхода портландцемента для 1 м ³ смеси	Перерасход портландцемента	Человеческий фактор	Необоснованное завышение отпускной прочности бетона	8	2	5	80
Определение расхода крупного и мелкого заполнителя	Понижение расхода заполнителей	Человеческий фактор	Перерасход портландцемента и уменьшение прочности конструкций	7	3	2	42
Определение активности портландцемента	Снижение активности портландцемента	Поломка гидравлического пресса	Занижение марки портландцемента и уменьшение прочности конструкций	6	3	1	18
Определение фракций мелкого заполнителя	Снижение фракций мелкого заполнителя	Человеческий фактор	Перерасход портландцемента для приготовления 1 м ³ смеси	9	3	5	135
Изготовление опытных замесов бетонной смеси	Нарушение в технологии изготовления	Человеческий фактор	Несоответствие бетонной смеси требованиям ГОСТ 7473-2010	10	5	6	300

Продолжение таблицы 2

Этап проектирования	Проявление отказа	Причины отказов	Последствия отказов	S	O	D	ПЧР
Отбор проб и испытания бетонной смеси	Нарушение в технологии проведения испытания	Человеческий фактор	Повышение пористости бетонной смеси	8	6	6	288
Изготовление и испытания контрольных образцов бетона	Нарушение в эксплуатации гидравлического пресса	Поломка устройства гидравлического пресса	Неправильно установлен предел прочности бетона на сжатие	10	7	1	70
Обработка результатов и оценка влияния параметров на нормируемые показатели качества бетона	Ошибка в выборе методов обработки результатов и оптимизации	Человеческий фактор	Состав не обеспечивает качество бетонной смеси и бетона	6	7	2	84

Приведенные в таблице 4 факторы непосредственно влияют на качество бетонной смеси и являются начальной точкой контроля. Неправильное количественное определение факторов повлечет несоответствия на следующих этапах проектирования и производства смеси. Следует отметить, что в таблице 4 не включены следующие этапы проектирования:

- изготовление опытных замесов бетонной смеси, ПЧР=300;
- отбор проб и испытания смеси, ПЧР=288;
- статистическая обработка полученных результатов, ПЧР=84.

Таблица 3

Исследуемые факторы с указанием приоритетного числа риска

Этап проектирования	Фактор (параметр)	Ед. изм.	ПЧР
Определение коэффициента качества крупного заполнителя	Коэффициент качества	-	147
Определение фракций мелкого заполнителя	Фракция мелкого заполнителя	мм	135
Определение водоцементного соотношения бетонной смеси	Водоцементное соотношение	-	108
Определение расхода портландцемента для приготовления 1 м ³ смеси	Расход ПЦ	кг/м ³	80

Этапы изготовления опытных замесов, отбора проб и испытания бетонной смеси включают множество факторов и имеют высокий параметр тяжести последствий несоответствий (10 и 8 соответственно). Очевидно, что для корректного определения диапазона варьирования множества факторов на этих этапах проектирования смеси требуется продолжение исследований в данном направлении.

Заключение

В работе исследован процесс проектирования состава бетонной смеси на основе риск-ориентированного подхода. Выполнен FMEA-анализ и

установлены потенциальные отказы (риски) на данном этапе. Расчет приоритетного числа риска выявил наиболее значимые отказы и обосновал целесообразность контроля следующих параметров: коэффициент качества крупного заполнителя; водоцементное соотношение бетонной смеси; расход крупного и мелкого заполнителя, кг/м³; расход портландцемента, кг/м³; активность портландцемента, Мпа; фракция мелкого заполнителя, мм. Полученные результаты используются при оптимизации состава бетонной смеси.

Список литературы

1. Величко Е. Г. Оптимизация многокомпонентного дисперсного состава - основной фактор повышения свойств бетонов высокой прочности / Е. Г. Величко, Ю. С. Шумилина, Л. Н. Талипов // Строительное материаловедение: настоящее и будущее: сборник материалов I Всероссийской научной конференции, посвященной 90-летию выдающегося ученого-материаловеда, академика РААСН Юрия Михайловича Баженова, Москва, 01-02 октября 2020 года. - Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2020. - С. 28-36. - EDNSLVZLD.

2. Алимов Л. А. Оценка влияния компонентов бетона на формирование его структуры и свойств / Л. А. Алимов, В. В. Воронин, О. А. Ларсен // Техника и технология силикатов. – 2020. – Т. 27, № 1. – С. 20–24. – EDNKYFYIL.
3. Стефаненко И. В. Оптимизация гранулометрического состава заполнителей жаростойкого бетона мелкозернистой структуры / И. В. Стефаненко, Е. Е. Гнедаш, Т. К. Акчурин // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2020. – № 4 (81). – С. 205–213. – EDNHEVYDO.
4. Садчиков П. Н. Автоматизация расчета оптимального объема полипропиленового волокна в составе фибробетона плит перекрытий с отверстиями / П. Н. Садчиков, О. И. Евдошенко, Н. П. Садчиков // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2021. – № 1(35). – С. 75–81. – EDN BRCDVF.
5. Исследование влияния дозировки фибры и продолжительности перемешивания на свойства мелкозернистого бетона / М. О. Коровкин, Н. А. Ерошкина, С. М. Саденко, К. А. Крайнова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2020. – № 3(33). – С. 22–26. – DOI 10.35108/isvp20203(33)22-26. – EDN SIWYVB.
6. ГОСТ 27006–2019. Бетоны. Правила подбора состава. – Введен 2020–01–01. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 15 с.
7. ГОСТ 7473–2010. Смеси бетонные. Технические условия. – Введен 2012–01–01. – Москва : Стандартинформ, 2018. – 19 с.
8. ГОСТ 26633–2015. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. – Введен 2016–09–01. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 13 с.
9. ГОСТ Р 51901.12–2007 (МЭК 60812:2006). Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов. – Введен 2008–09–01. – Москва : Стандартинформ, 2008. – 40 с.
10. ГОСТ 10180–2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – Введен 2013–07–01. – Москва : Стандартинформ, 2013. – 36 с.
11. Ляпидевская О. Б. Бетонные смеси. Технические требования. Методы испытаний. Сравнительный анализ российских и европейских строительных норм / О. Б. Ляпидевская. – Москва : Московский государственный строительный университет, 2017. – 62 с. – Режим доступа: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785726417042.html> (дата обращения: 21.07.2022), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
12. Смирнова О. Е. Применение риск-ориентированного подхода в производстве железобетонных изделий / О. Е. Смирнова, Н. С. Бобров // Качество и жизнь. – 2018. – № 3(19). – С. 33–39. – EDN YLHTUT.
13. Кудратова Г. М. Анализ несоответствий и причин их возникновения при производстве продукции строительного назначения / Г. М. Кудратова, Л. В. Макарова, Р. В. Тарасов // Дневник науки. – 2019. – № 1 (25). – С. 17. – EDN YWAJSH.
14. Мякушева А. В. Методика анализа причин, потенциальных несоответствий и последствий (FMEA) в процессе жизненного цикла объектов монолитного строительства / А. В. Мякушева // Наука и общество в условиях глобализации. – 2017. – № 1 (4). – С. 121–127. – EDN YTWFNL.

© Л. Н. Лисиенкова, Л. С. Носова, И. Г. Рекус

Ссылка для цитирования:

Лисиенкова Л. Н., Носова Л. С., Рекус И. Г. Оценка рисков при проектировании бетонных смесей // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 4 (42). С. 34–39.

УДК 691.55
DOI 10.52684/2312-3702-2022-42-4-39-46

**МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ШТУКАТУРНЫХ КОМПОЗИТОВ
В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ И ПОСТОЯННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ**

Н. В. Ледяйкин, О. В. Ледяйкина, М. М. Зоткина

Ледяйкин Никита Васильевич, магистрант, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева, г. Саранск, Российская Федерация, тел.: +7-963-147-70-69; e-mail: nikita.1234.nikita@mail.ru;

Ледяйкина Оксана Васильевна, аспирант, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева, г. Саранск, Российская Федерация; e-mail: oksana.ledyaykina.97@mail.ru;

Зоткина Марина Михайловна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных материалов и технологий, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева, г. Саранск, Российская Федерация; e-mail: zotkina.mm@mail.ru