

Способы повышения надежности зданий при принятии организационно-технологических решений в условиях неопределенности

С.Г. Шеина¹, Ю.Д. Сергеев², Р.Ю. Мясищев², А.Ю. Сергеева²,
А.В. Мищенко²

¹ *Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону*

² *Воронежский государственный технический университет, Воронеж*

Аннотация: Статья посвящена вопросу принятия организационно-технологических решений, когда запаса сведений для альтернатив выбора требуемых задач либо весьма немного, либо они аврально меняются. Так как организационно-технологическое бизнес-решение принять непросто в связи с тем, что малопонятно, какой получится результат, предлагается в условиях неопределенности использовать теорию игр. От того, какое будет принято решение и какую из имеющихся стратегий примет проектировщик, зависит, какой экономический эффект будет получен в результате реализации разрабатываемого организационно-технологического решения. Теория игр представляет собой специальный класс математических моделей для принятия решений в специфических условиях. Выбирая решения на волне неопределенности, теория игр формализует возможные знания об образе действия участников игры при определенных конфликтных ситуациях и позволяет математически обосновать знания о рациональном образе действий в определенных условиях. При возведении строительных объектов в экологически неблагоприятных условиях сравнивается матрица рисков и определяется наилучший вариант развития строительного проекта.

Ключевые слова: строительно-техническая экспертиза, надежность, организационно-технологические решения, методики диагностики, эффективность.

Обращаясь к реалиям строительного производства, можно увидеть, что достаточно часто полученные результаты при реализации стройпроектов оказываются в действительности несравнимо хуже, чем когда они были учтены в проектно-строительных решениях [1, 2]. Неопределённость - это такая совокупность обстоятельств, когда запас сведений для альтернатив принятия требуемых решений либо весьма немного, либо они аврально меняются [3]. При отсутствии информации о важности различных показателей лучшим способом для решения задачи являются методы теории игр. Выбранная таким путем альтернатива может рассматриваться как первое приближение к наилучшему решению, которое должно быть найдено впоследствии путем диалога между специалистами. [4]. От того, какое будет

принято решение и какую из имеющихся в наличии стратегий примет инженер-проектировщик, будет зависеть коммерческий эффект, который будет получен вследствие осуществления разрабатываемого организационно-технологического бизнес-решения [5]. Теория игр - это особый сегмент общематематических моделей с целью объективной возможности принять решения в определенных условиях [6]. Данная теория формализует эвентуальные знания о том, как участники игры действуют в конкретных конфликтных ситуациях, и может глубоко математически обосновать совокупность сведений о том, как рационально действовать в конкретных условиях [7]. Используя специальный прецедент теории игр, игру с суммой, равной нулю между двумя лицами можно представить как игру против природы. Значимость игры измеряется как консеквенция каждого принятого решения для каждой целевой функции. Формируется матрица прототипов P , которая вычисляется в консигнации неопределённости согласно остроконфликтным ситуациям. Оптимальную стратегию можно определить по следующим критериям: по теореме минимакса, по критерию максимина (критерий Вальда), по критерию Сэвиджа, по фактору риска по Гурвицу, по критерию максимакса.

Критерий Сэвиджа имеет цель минимизировать убытки. Принцип Сэвиджа утверждает, что возможная убыль при случайных бизнес-стратегиях природы не достигает некоторой максимальной степени. Смысл интенции принципа Гурвица заключается в том, чтобы получить наибольший выигрыш, когда для решения выбирается не минимальное значение выигрыша, а средневзвешенное из минимального и максимального значений. Чаще всего каждое действие квалифицируется по худшему для него состоянию строительного объекта [8, 9]. Действие, ведущее от худшего состояния к более лучшему, называется оптимизирующим. Этот критерий называется критерием максимина (a , для отрицательной полезности –

критерием минимакса) и служит критерием качества управления. Когда используется критерий максимина, это означает, что каждая альтернатива доминирует в процессе их сравнения только через наименьшее значение некоторого показателя эффективности.

Выбирая решения на волне неопределенности, попробуем сопоставить матрицу рисков. К матрице риска может применяться тот же минимаксный критерий, т.е. выбирается то действие, которое делает наименьшим максимальный риск.

По теореме минимакса:

$$\underline{x}_o^T \bar{P} \underline{y}_o = \max_{\underline{x}} \min_{\underline{y}} \underline{x}^T \bar{P} \underline{y} = \min_{\underline{x}} \max_{\underline{y}} \underline{x}^T \bar{P} \underline{y},$$

где $\underline{x}_o^T \bar{P} \underline{y}_o$ - цена игры;

\underline{x} - множество всех смешанных стратегий игрока 1;

\underline{y} - множество всех смешанных стратегий игрока 2;

\underline{x}_o - оптимальная смешанная стратегия игрока 1;

\underline{y}_o - оптимальная смешанная стратегия игрока 2.

Т.к. критерии с большим количеством вариантов (мультивариативные критерии) необязательно учитывают только худший вариант развития строительного проекта, а также иногда принимают в расчёты и лучший вариант, сочетания худшего и лучшего вариантов, сочетания лучших вариантов и т.п., какой из этих вариантов следует выбрать, определяется той задачей, которую инженер-строитель решает [10].

Проанализируем эскортирующую задачу. При возведении стройобъекта в экологически неблагоприятных условиях фигурируют всего два эвентуальных состояния оснований фундамента:

L_1 – уровень грунтовых вод пониженный;

L_2 – уровень грунтовых вод кульминационно наивысший.

Допустимо инициировать одно действие из возможных трех:

a_1 – водоотвод не предусматривается;

a_2 – искусственное водопонижение иглофильтрами;

a_3 – устройство дренажа.

Как должен поступить инженер-проектировщик?

Прежде всего, необходимо составить платежную матрицу.

Например, такую, как таблица №1.

Таблица № 1

Платежная матрица

Состояние основания	Возможное действие		
	a_1	a_2	a_3
L_1	0	-1	-3
L_2	-5	-3	-2

Цифры дают характеристику потерям, если решение состоянию фундамента не соответствует. Идентифицировать это довольно сложно и можно сделать разноплановыми методами. Для того чтобы выбрать наиболее точно подходящий метод, предварительно до выбора одного из действий инженер должен получить какие нибудь сведения об уровне грунтовых вод в районе строительства. [11]. В результате этой процедуры можно ожидать следующие результаты:

- x_3 – уровень залегающих грунтовых вод превышает отметку основания более чем на 2 метра.
- x_2 – уровень грунтовых вод выше отметки основания на 1,5 метра.
- x_1 – уровень грунтовых вод ниже отметки основания.

Примем условие, что известным будет являться вероятностное соответствие между уровнем пролегания грунтовых вод и способами их водопонижения.

Данные по способам водоотведения представлены в таблице №2.

Таблица № 2

Способы водоотведения

Состояние основания	Возможное действие		
	x_1	x_2	x_3
L_1	0,7	0,2	0,1
L_2	0,15	0,35	0,50

Набор действий, которые должны быть выполнены в соответствии с принятыми решениями, называется стратегией. Возьмем стратегии: $(x_1, x_2, x_3) \rightarrow (a_1, a_1, a_1)$, то есть, в любом случае водоотлив не проектируется; $(x_1, x_2, x_3) \rightarrow (a_3, a_3, a_3)$, то есть, лучше перестраховаться и запроектировать устройство дренажа при любом уровне грунтовых вод; $(x_1, x_2, x_3) \rightarrow (a_1, a_2, a_3)$, то есть проектировщик действует согласно полученного прогноза.

Элементарно обнаружить, что у инженера-строителя насчитывается 27 самых разных стратегий. Чтобы сделать выбор, нужно будет интерполировать общесредние потери каждой стратегии и провести сравнение между ними. Каждая стратегия будет сравниваться с двумя цифрами, которые отражают потери в первом и во втором технических состояниях фундамента. Стратегии можно без особых затруднений визуализировать геометрически. По горизонтальной оси будут располагаться потери в первом состоянии фундамента, а по вертикальной оси в таком случае потери будут в состоянии фундамента номер два (рис. 1).

Согласно графику, можно заметить, что более эффективная стратегия располагается ниже и левее. Также очевидно, что стратегия, соответствующая точке 1, всегда предпочтительнее, чем та, которая соответствует точке 2, при условии, что координаты первой точки меньше координат второй. Это позволяет исключить менее выгодные стратегии из дальнейшего анализа. Исходя из этого, количество опорных точек на диаграмме можно сократить (рис. 2). На основании вышеизложенного проанализированная задача принимает вид выпуклого множества (рис. 3).

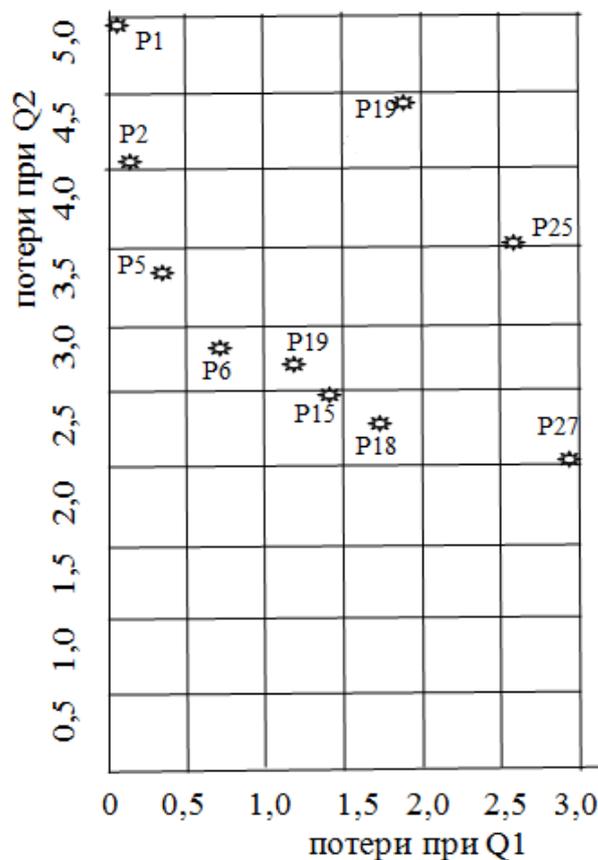
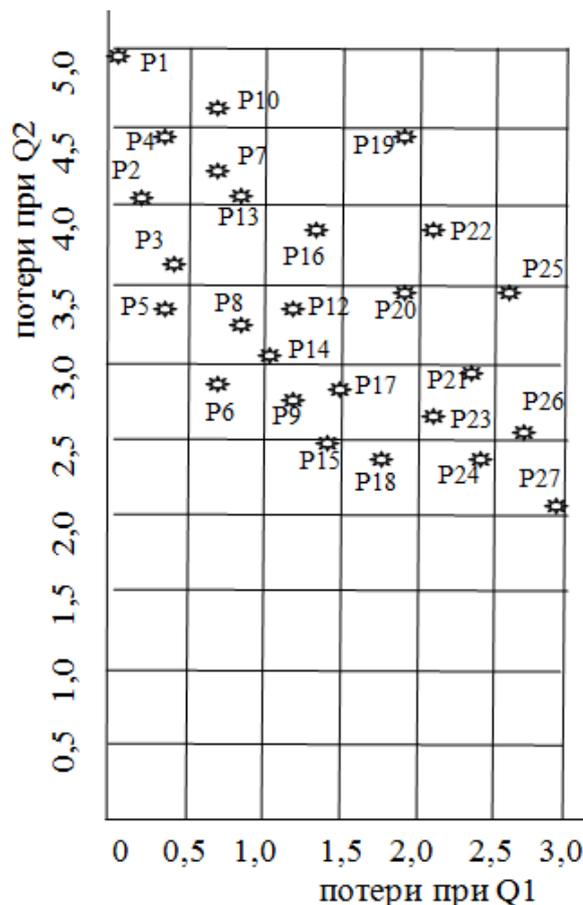


Рис. 1. - Визуализированные стратегии Рис. 2. - Уменьшение опорных точек
Отообразим каждую из возможных стратегий в таблице №3.

Таблица № 3

Реестр стратегий

Результат эксперимента	Стратегия													
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	P_{10}	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}
x_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2
x_2	a_1	a_1	a_1	a_2	a_2	a_2	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_2	a_2
x_3	a_1	a_2	a_3	a_1	a_2	a_3	a_1	a_2	a_3	a_1	a_2	a_3	a_1	a_2
Результат эксперимента	Стратегия													
	P_{15}	P_{16}	P_{17}	P_{18}	P_{19}	P_{20}	P_{21}	P_{22}	P_{23}	P_{24}	P_{25}	P_{26}	P_{27}	
x_1	a_2	a_2	a_2	a_2	a_3									
x_2	a_2	a_3	a_3	a_3	a_1	a_1	a_1	a_2	a_2	a_2	a_3	a_3	a_3	
x_3	a_3	a_1	a_2	a_3	a_1	a_2	a_3	a_1	a_2	a_3	a_1	a_2	a_3	

Вычислим с помощью экспоненты, возможность использования рассматриваемого критерия минимакса для выбора стратегий (рис. 4).

Приведем усреднённые потери для всех стратегий в таблице №4.

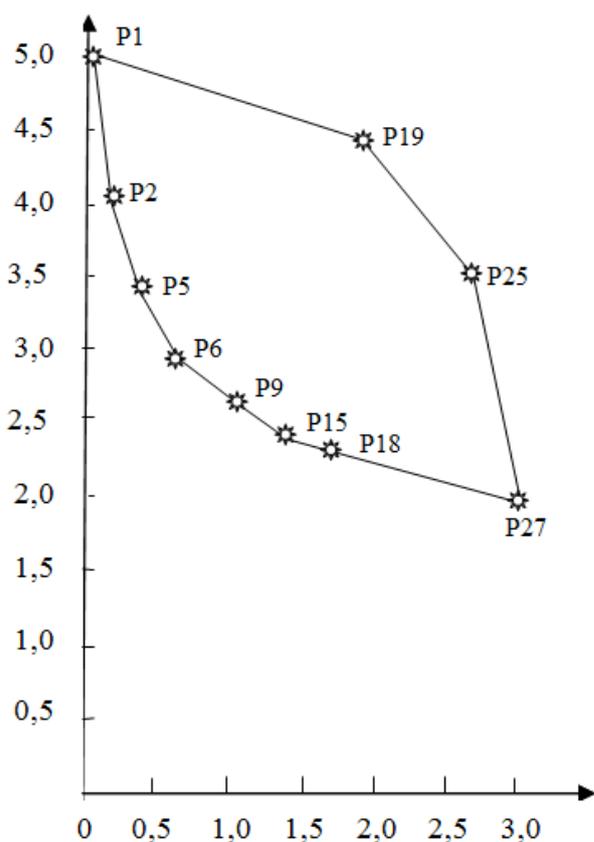


Рис. 3. - Проанализированная задача

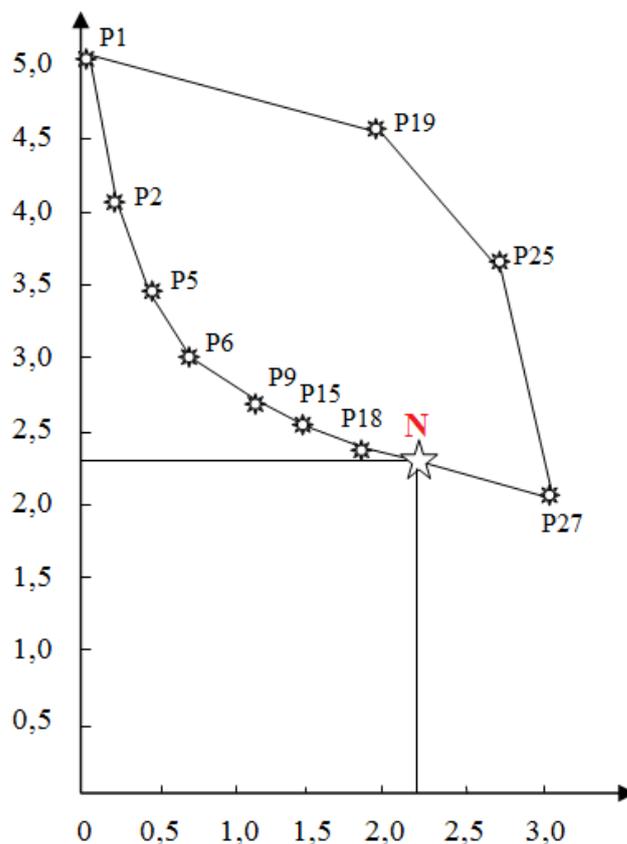


Рис. 4. - Вычисление усреднённого убытка

Минимум максимальный убыток будет обеспечиваться визуализированной точкой N стратегией.

Таблица № 4

Средние потери

Состояние основания	Стратегия													
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8	P_9	P_{10}	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}
L_1	0,0	0,15	0,45	0,25	0,4	0,7	0,7	0,9	1,2	0,6	0,75	1,05	0,85	1,0
L_2	5,0	4,0	3,5	4,4	3,4	3,9	4,1	3,1	2,6	4,6	3,6	3,1	4,0	3,0
Состояние основания	Стратегия													
	P_{15}	P_{16}	P_{17}	P_{18}	P_{19}	P_{20}	P_{21}	P_{22}	P_{23}	P_{24}	P_{25}	P_{26}	P_{27}	
L_1	1,3	1,35	1,5	1,8	1,8	1,95	2,25	2,05	2,2	2,5	2,55	2,7	3,0	
L_2	2,5	3,7	2,7	2,2	4,4	3,4	2,9	3,8	2,8	2,3	3,5	2,5	2,0	

Для того чтобы сделать выбор между стратегией P_{18} и стратегией P_{27} , инженер-строитель должен пользоваться специально составленным вероятностным аппаратом. Вероятность принятия решения выбора в пользу

P_{18} и P_{27} будет пропорциональна расстоянию от N до вершины соответственных стратегии данных.

В исследуемом предмете обсуждения возможно обнаружиться какая-то вспомогательная информация, которая даст запас сведений о том, в каком состоянии находятся в районе, где проходит строительство, грунтовые воды. Если предположить, что вероятность L_1 равна 0,25, а вероятность L_2 равна 0,75, тогда для каждой стратегии допустимо высчитать средние потери, соответствующие именно ей. Байесовской стратегией носит название стратегия, которая соответствует, когда априори известны вероятности 0,25 и 0,75, и на той, где обеспечиваются минимальные средние потери.

Для того, чтобы принять решение, как уже было указано выше, можно использовать матрицу риска наряду с платёжной матрицей. Рассмотрим, как можно создать матрицу риска для нашей конкретной задачи. Платёжная матрица представлена в таблице №5.

В тех случаях, когда основание фундамента пребывает в состоянии L_2 , то риск проектировщика заключается в потере по крайней мере двух единиц. Выбирая манёвр a_2 , возникает риск потери еще одной единицы, выбирая a_1 будет потеря еще трех единиц.

Таблица № 5

Платёжная матрица

Состояние основания	Возможное действие		
	a_1	a_2	a_3
L_1	0	-1	-3
L_2	-5	-3	-2

Исходя из вышесказанного, понятно, что платежная матрица может определить возможный риск, когда из матрицы вычитают элементы проигрышей, которые минимальны в каждом случае состояния основания фундамента, которое проектируется. В таблице №6 показана матрица риска.

Таблица № 6

Матрица риска

Состояние основания	Возможное действие		
	a_1	a_2	a_3
L_1	0	-1	-3
L_2	-3	-1	0

Для матрицы риска, согласно вышеуказанной информации, можно применить минимаксный критерий, т.е. отобрать манёвр, сводящий к минимуму самый большой риск.

Технический риск возведения объекта определяется дополнительными затратами ресурсов и времени по сравнению с плановыми в связи с недостаточностью необходимой информации, а также из-за нарушений условий функционирования городских объектов и инженерной инфраструктуры во время строительства объекта в экологически неблагоприятных условиях. Риск оценивается на основе анализа устойчивости городских структур и отдельных объектов при развитии неблагоприятных геологических процессов, применении несовершенных технологий строительства и строительных материалов [12, 13].

При оценке инженерно-строительного риска нужно учитывать следующие факторы:

- Геологический – качество геологической среды, т. е. толщ горных пород, используемой для строительства. Ее качество зависит от свойств грунтов-оснований, на которых возводятся сооружения, или массивов пород, где проводятся горные выработки для подземных сооружений.
- Технологический – это качество выполнения работ, связанных с инженерной подготовкой, таких как водопонижение, замораживание, вибрационное уплотнение грунтов и другие процессы, которые оказывают влияние на горный массив.

- Конструктивный - включает физико-механические характеристики материалов зданий и сооружений, такие как прочность, деформативность, коррозионная стойкость и пр. [14].

Технологический и конструктивный факторы зависят от геологического, так как они в существенной мере связаны с динамикой оснований и горных пород, так же как и от качества геологической среды. Таким образом, геологический фактор определяет инженерно-строительный риск, поскольку в зависимости от изменений геологической среды проявляются воздействия на строительные объекты и свойства строительных конструкций [15].

Во время разработки организационно – технологической и юридической основы на ремонт, реконструкцию, модернизацию и возведение объектов строительства в условиях не чётко и не полностью определённой информации для определения рисков, в том числе инженерно – строительных, этих факторов недостаточно. Необходима дополнительная информация анализа взаимозависимостей и взаимосвязей технологических и организационных факторов.

Литература

1. Шеина С.Г., Балашев Р.В., Живоглядов Г.А., Шахиев Р.Д. Устойчивое строительство зданий // Инженерный вестник Дона, 2023, №12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2023/8911.
2. Любин Н.С. Архитектура как часть устойчивого развития // Инженерный вестник Дона, 2021, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2021/6968.
3. Zadeh L.A. Fuzzy logic = computing with words // IEEE Transactions on Fuzzy Systems. Scientific journal. 1996. Vol.4. №2. pp. 103-111.

4. Сергеев Ю.Д., Сергеева А.Ю., Мищенко В.Я, Мясичев Ю.В., Мясичев Р.Ю. Оптимизация процесса обследования несущих конструкций предаварийных зданий // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. Научно-практический и методологический журнал. 2019. Т.16. №3. С. 52-56.

5. Гинзбург А.В. Организационно-технологическая надежность строительных систем // Вестник МГСУ. Научно-технический журнал по строительству и архитектуре. 2010. №4-1. С. 251-255.

6. Баркалов С.А., Моисеев С.И., Серебрякова Е.А. Модель управления запасами в строительной сфере, основанная на марковских случайных процессах // Инженерный вестник Дона, 2023, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2023/8235.

7. Копотева А.В. Случайное поведение участника как способ максимизации вероятности его выигрыша в парадоксе Монти Холла // Вестник ЮУрГУ. Научный журнал. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2019. Т.19. №3. С. 126 -134.

8. Ермолов И.Н., Останин Ю.Я. Методы и средства неразрушающего контроля качества: учебное пособие для вузов. М.: Высшая школа, 1988. 368 с.

9. Fore Stanley An analysis of factors influencing the quality of housing construction projects in the Western Cape, South Africa // Matter. International Journal of Science and Technology. 2017. №1. pp. 240-258. DOI: 10.20319/mijst.2016.s11.240258.

10. Емельянов Д.И., Мышовская Л.П., Казарцева А.И. Повышение эффективности управления строительным производством на основе применения комбинированных экспертно-модельных систем // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. Научно-практический и методологический журнал. 2017. №11. С. 46-51.

11. Венцов Н.Н., Долгов В.В., Подколзина Л.А. Об одном способе построения запросов к базе данных на основе аппарата нечеткой логики // Инженерный вестник Дона, 2015, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3172.

12. Зильберова И.Ю., Петров К.С., Пингин Е.Е. Современные требования к уровню знаний судебного строительно-технического эксперта // Инженерный вестник Дона, 2019, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5641/.

13. Топчий Д.В. Концепция контроля качества организации строительных процессов при проведении строительного надзора на основе использования информационных технологий // Вестник евразийской науки. Научный журнал. 2019. Т.11. №3. С. 1-9.

14. Niamh M., Achkar L., Roberts A. "The people that no-one notices"? – The power of building control inspectors in sustainable construction // 32nd Annual Conference Association of Researchers in Construction Management (ARCOM) "Technologies for Sustainable Built Environments". Manchester, 2016. Vol.32. P. 1-10.

15. Mishchenko V., Sergeev Yu., Sergeeva A., Myasishev Yu., Myasishev R. Investigation of the process organization of identifying an invalid test during construction expertise // IV International Scientific Conference "Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development". Nalchik: In the collection: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021. Vol.1083. P.012054. DOI: 10.1088/1757-899X/1083/1/012054.

References

1. Sheina S.G., Balashev R.V., Zhivoglyadov G.A., Shahiev R.D. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, №12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2023/8911.
2. Lyubin N.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2021, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2021/6968.
3. Zadeh L.A. IEEE Transactions on Fuzzy Systems. Scientific journal. 1996. Vol.4. №2. pp. 103-111.
4. Sergeev Yu.D., Sergeeva A.Yu., Mishhenko V.Ya., Myasishhev Yu.V., Myasishhev R.Yu. FE`S: Finansy`. E`konomika. Strategiya. Nauchno-prakticheskij i metodologicheskij zhurnal. 2019. T.16. №3. pp. 52-56.
5. Ginzburg A.V. Vestnik MGSU. Nauchno-texnicheskij zhurnal po stroitel`stvu i arxitekture. 2010. №4-1. pp. 251-255.
6. Barkalov S.A., Moiseev S.I., Serebryakova E.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2023/8235.
7. Kopoteva, A.V. Vestnik YuUrGU. Nauchny`j zhurnal. Seriya «Komp`yuterny`e texnologii, upravlenie, radioe`lektronika». 2019. T.19. №3. pp. 126 -134.
8. Ermolov I.N., Ostanin Yu.Ya. Metody i sredstva nerazrushayushchego kontrolya kachestva [Methods and means of non-destructive quality control]. M.: Vysshaya shkola, 1988. 368 p.
9. Fore Stanley. Matter. International Journal of Science and Technology. 2017. №1. pp. 240-258. DOI: 10.20319/mijst.2016.S11.240258.
10. Emel`yanov D.I., My`shovskaya L.P., Kazarceva A.I. FE`S: Finansy`. E`konomika. Strategiya. Nauchno-prakticheskij i metodologicheskij zhurnal. 2017. №11. pp. 46-51.
11. Vencov N.N., Dolgov V.V., Podkolzina L.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2015, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3172.



12. Zil`berova I.Yu., Petrov K.S., Pingin E.E. Inzhenernyj vestnik Dona, 2019, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5641/.
13. Topchij D.V. Vestnik evrazijskoj nauki. Nauchny`j zhurnal. 2019. T.11. №3. pp. 1-9.
14. Niamh M., Achkar L., Roberts A. 32nd Annual Conference Association of Researchers in Construction Management (ARCOM) "Technologies for Sustainable Built Environments". Manchester, 2016. Vol.32. pp.1-10.
15. Mishchenko V., Sergeev Yu., Sergeeva A., Myasishev Yu., Myasishev R. IV International Scientific Conference "Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development". Nalchik: In the collection: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021. Vol.1083. pp. 012054. DOI: 10.1088/1757-899X/1083/1/012054.

Дата поступления: 14.09.2024

Дата публикации: 24.10.2024