

Применение метода анализа иерархий для оптимизации выбора кровельного материала для скатной крыши

П.С. Романов¹, И.П. Романова²

¹*Коломенский институт (филиал) Московского политехнического университета, Коломна*

²*Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ), Москва*

Аннотация: На сегодняшний день на рынке строительных материалов представлено большое количество кровельных материалов для скатных крыш. Все эти материалы имеют свои преимущества и недостатки, поэтому задача выбора оптимального варианта является сложной и требует специальных методов для устранения субъективности оценки. В статье описывается подход к выбору оптимального варианта кровельного материала из доступных вариантов по совокупности его количественных и качественных характеристик. Предлагается проводить оценку вариантов и выбор наилучшего варианта на основе метода анализа иерархии, позволяющего лицу или группе лиц, принимающих решение, в интерактивном режиме найти такой вариант, который наилучшим образом удовлетворяет выдвинутым требованиям. В статье представлены результаты выбора наиболее подходящего кровельного материала для скатных крыш с использованием указанного метода.

Ключевые слова: искусственный интеллект, системный анализ, принятие решений, метод анализа иерархий, кровельные материалы.

Введение

Крыша здания является одним из самых важных конструктивных элементов, выполняющим защитные и теплоизоляционные функции (сохранение тепла и защита от перегрева, защита от внешних неблагоприятных факторов – всех типов атмосферных осадков, ветра, талой воды).

Основные требования, предъявляемые к кровельным материалам [1, 2]:

1. Высокая прочность кровельного покрытия – способность переносить динамические (порывы ветра, атмосферные осадки) и статические (вес снежной массы) нагрузки.
2. Водонепроницаемость способность противостоять проникающей способности влаги в течение определенного времени.

3. Морозостойкость – способность переносить определенное количество циклов замораживания/оттаивания без потери эксплуатационных качеств.
4. Долговечность, биостойкость и коррозионная стойкость.
5. Хорошие звукоизоляционные свойства – способность создать надежную и высокоэффективную защиту от внешнего шума.
6. Экологичность и пожаробезопасность – преимущественно обладают негорючие или слабогорючие материалы.
9. Низкая стоимость.

Экспериментальная часть

Материалы для устройства скатной крыши можно подразделить на силикатные (цементно-песчаная и глиняная черепица, асбестоцементные листы и плитки), металлические (металлочерепица, профилированный стальной лист, фальцевая кровля, композитная черепица) и органические (гибкая битумная черепица, ондулин) [3].

Керамическая черепица изготавливается путем обжига глины, она долговечна (срок службы более 100 лет), экологична, негорюча, обладает высокой морозостойкостью и коррозионной стойкостью. К недостаткам можно отнести высокий удельный вес, хрупкость, сложность монтажа и высокую стоимость. Песчано-цементная черепица изготавливается из раствора песка с цементом, который не обжигается, а прессуется под давлением, она легче глиняной, но служит не так долго (около 50 лет). Шифер (асбестоцементные листы) – дешев, долговечен, негорюч. Недостатками являются неэкологичность (содержит асбест), хрупкость, высокая гигроскопичность (материал накапливает влагу, которая приводит к выцветанию и образованию мха) [4].

Металлические кровельные материалы состоят из стального холоднокатаного листа (от 0,4 мм до 0,5 мм толщиной), с нанесенным на него с двух сторон антикоррозионным (цинк, алюцинк или гальфан) и защитным

полимерным (на основе полиэстера или полиуретана) или композитным (гранулы натурального камня) покрытием. Преимуществом этих материалов является низкий удельный вес, долговечность (срок службы 30-50 лет), атмосферостойкость, простота и высокая скорость монтажа. К недостаткам металлических кровельных материалов (кроме композитной черепицы) можно отнести низкую шумоизоляцию, высокую теплопроводность, малую жесткость покрытия, возможность коррозии при повреждении защитного покрытия, например, при монтаже, а так же неэкономичность (большое количество отходов (до 40%) при монтаже сложной кровли) [5].

Гибкая битумная черепица состоит из стеклохолста, на который с обеих сторон нанесено битумно-полимерное вяжущее, а на лицевую поверхность наносится минеральная бронирующая посыпка. Ондулин состоит из гофрированного картона (или стеклохолста), пропитанного битумно-полимерным вяжущим и окрашенного с лицевой стороны атмосферостойкой краской на винил-акриловом связующем. Преимуществами органических кровельных материалов являются малый удельный вес, простота и высокая скорость монтажа, невысокая стоимость, гибкость, хорошая шумоизоляция. К недостаткам можно отнести горючесть (на большинстве зданий социального значения (больницы, школы, детские сады, спортивные объекты) запрещены к использованию), хрупкость при низких температурах, малую жесткость покрытия, а для гибкой битумной черепицы, кроме того, необходимость устройства сплошной обрешетки. Существенным недостатком ондулина является выгорание на солнце [5].

В таблице №1 представлены наиболее популярные на сегодняшний день кровельные материалы для устройства скатных крыш и их технические характеристики. В стоимость входит стоимость самого кровельного материала, стоимость монтажа (расчет для простой двухскатной крыши) и стоимость дополнительных материалов (стропильной конструкции,

утеплителя, антисептика, пароизоляции, расходных материалов). Качественные характеристики описываются при помощи лингвистических переменных [6]. Терм-множество лингвистической переменной «Коррозионная стойкость» представлено значениями «отличная», «хорошая», «удовлетворительная». А терм-множества лингвистических переменных «Шумоизоляция» и «Теплопроводность» - значениями «высокая», «средняя» и «низкая».

Таблица 1

Кровельные материалы для устройства скатных крыш

Кровельный материал	Класс пожаробезопасности	Удельный вес, кг/м ²	Срок службы / гарантия, лет	Стоимость, руб/м ²	Коррозионная стойкость	Шумоизоляция	Теплопроводность
Металлочерепица Металл Профиль Монтеррей PURETAN	КМ1	4,5	50/ 20	3505	хор.	низ.	выс.
Кликфальц Grand Line Satin	КМ1	4,81	20/ 10	3454	удов.	низ.	выс.
Цементно-песчаная черепица Baltic tile Sea Wave	КМ0	43	50/ 30	4256	отл.	выс.	низ.
Керамическая черепица Roben Rot-engobiert	КМ0	39	100/30	6285	отл.	выс.	низ.
Гибкая черепица Tegola Nordland, коллекция Классик	КМ5	9,5	30/ 15	3940	хор.	ср.	ср.
Листы ОНДУЛИН Черепица Ондулин	КМ5	3,5	25/ 15	3445	хор.	ср.	ср.
Композитная черепица Декра Декра классик	КМ1	6,7	50/ 30	4630	отл.	выс.	ср.

Все перечисленные материалы имеют свои преимущества и недостатки, поэтому задача выбора оптимального варианта является сложной и требует применения специальных методов для исключения субъективности оценивания [7, 8]. Одним из таких методов является метод анализа иерархий, позволяющий решать задачу выбора по совокупности качественных и количественных характеристик. Метод основан на построении иерархии,

начиная с цели (результата выбора), через промежуточные уровни (критерии, по которым производится выбор) к самому нижнему уровню (набору возможных вариантов). На каждом уровне производят построение множества матриц парных сравнений (по одной матрице для каждого элемента, который примыкает с верхнего уровня). На каждом уровне элементы сравниваются друг с другом относительно их влияния на направляемый элемент по 9-ти балльной шкале (от равной важности - 1 до очень сильного превосходства - 9). Ячейка, соответствующая строке A_1 и столбцу A_2 в матрице заполняется целым числом если элемент A_1 доминирует над A_2 , а ячейка, лежащая на пересечении строки A_2 и столбца A_1 , заполняется обратным к нему числом (дробью). Далее на каждом уровне производится синтез приоритетов, т.е. для каждой строки находится среднее геометрическое. Полученный столбец чисел нормируется делением каждого числа на сумму всех чисел – получается вектор приоритетов. Затем находят собственное число матрицы с целью проверки согласованности каждой матрицы (это сумма составляющих вектора, полученного при умножении матрицы суждений на вектор приоритетов), индекс согласованности (ИС) и отношение согласованности (ОС). $ИС = (\lambda_{max} - n)/(n-1)$, где λ_{max} – собственное число матрицы, n – число сравниваемых элементов. $ОС = ИС / СИ$, где СИ – случайный индекс. ОС и ИС не должны превышать 10%. Если это не так, то качество суждений следует улучшить, например, изменив способ задания вопросов при проведении парных сравнений.

При проведении оценок следует иметь в виду все сравниваемые элементы, чтобы сравнения были релевантными. Для проведения обоснованных численных сравнений не следует сравнивать более чем 7 ± 2 элементов. Затем проводится иерархический синтез, т.е. вычисление суммы по всем соответствующим взвешенным компонентам собственных векторов уровня иерархии, лежащего ниже. Описанный метод был использован для

выбора наилучшего варианта кровельного материала для устройства скатной крыши. Результаты представлены в таблице №2 [9, 10].

Таблица 2

Результаты решения задачи выбора кровельного материала

Кровельный материал	Глобальные приоритеты
Металлочерепица Металл Профиль Монтеррей PURETAN	0,144
Кликфальц Grand Line Satin	0,116
Цементно-песчаная черепица Baltic tile Sea Wave	0,149
Керамическая черепица Roben Rot-engobiert	0,236
Гибкая черепица Tegola Nordland, коллекция Классик	0,071
Листы ОНДУЛИН Черепица Ондулин	0,144
Композитная черепица Декра Декра классик	0,142

Обсуждение результатов

Таким образом, по совокупности характеристик наилучшим вариантом можно считать керамическую черепицу Roben Rot-engobiert, ее недостатками являются высокая стоимость и большой удельный вес, однако по сроку службы, пожаробезопасности, экологичности, коррозионной стойкости, шумоизоляции и теплопроводности она значительно опережает другие варианты кровельных материалов. Металлочерепица Металл Профиль Монтеррей PURETAN, листы ОНДУЛИН Черепица Ондулин, Цементно-песчаная черепица Baltic tile Sea Wave и композитная черепица Декра Декра классик имеют приблизительно равные значения глобальных приоритетов. Худшим вариантом можно считать гибкую черепицу Tegola Nordland, коллекция Классик – ее недостатками являются высокая стоимость при относительно небольшой долговечности и низкая пожаробезопасность.

Литература

1. Бондаренко И.Н., Созинов С.В., Нейман С.М. Современные кровельные материалы и конструкции кровель, используемые для жилых и промышленных зданий // Вестник МГСУ. 2010. №4-5. С. 31-37.

2. Гузенко К.В. Современные кровельные материалы в строительстве // Проблемы научной мысли. 2016. Т. 12. № 10. С. 088-090.

3. Sánchez de Rojas M.I., Marín F.P., Frías M., Valenzuela E., Rodríguez O. Influence of freezing test methods, composition and microstructure on frost durability assessment of clay roofing tiles // Construction and Building Materials. 2011. V. 25 (6). Pp. 2888-2897.

4. Шильников М.В., Радченко С.Д., Шурыгин Д.А., Куташов М.В., Балдиев В.С. Современные кровельные материалы // ТехНадзор. 2015. № 11 (108). С. 545-546.

5. Кожухина О.Н. Выбор эффективного материала кровельного покрытия // Известия Юго-Западного государственного университета. 2011. № 5-2 (38). С. 400-402.

6. Романов П.С., Кафиев И.Р., Романова И.П. Методика принятия решения по выбору проекта системы освещения для ремонтных мастерских сельскохозяйственных предприятий // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2015. № 1(33). С.82-89.

7. Косенко Е.Е., Мещеряков В.М., Топилин И.В. Анализ методов ресурсосбережения в автотранспортном комплексе // Инженерный вестник Дона, 2017, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4095.

8. Галимова Е.Ю., Коваленко А. Н. Выбор способа тестирования как решение многокритериальной задачи // Инженерный вестник Дона, 2016, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3756.

9. Saaty T.L. Relative measurement and its generalization in decision making why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors the analytic hierarchy/network process // RACSAM - Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Serie A. Matemáticas. 2008. V. 102 (2). Pp. 251–318.



10. Кафиев И.Р., Романов П.С., Романова И.П. Сравнительная оценка методов принятия решений по выбору проекта системы освещения для ремонтных мастерских сельскохозяйственных предприятий //Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2015. № 3(35). С.48-52.

References

1. Bondarenko I.N., Sozinov S.V., Nejman S.M. Vestnik MGSU. 2010. №4-5. Pp. 31-37.
2. Guzenko K.V. Problemy nauchnoj mysli. 2016. V. 12. № 10. Pp. 088-090.
3. Sánchez de Rojas M.I., Marín F.P., Frías M., Valenzuela E., Rodríguez O. Construction and Building Materials. 2011. V. 25 (6). Pp. 2888-2897.
4. Shil'nikov M.V., Radchenko S.D., Shurygin D.A., Kutashov M.V., Baldiev V.S. TehNadzor. 2015. № 11 (108). Pp. 545-546.
5. Kozhuhina O.N. Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. 2011. № 5-2 (38). Pp. 400-402.
6. Romanov P.S., Kafiev I.R., Romanova I.P. Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 1(33). Pp.82-89.
7. Kosenko E.E., Meshherjakov V.M., Topilin I.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4095.
8. Galimova E.Ju., Kovalenko A. N. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3756.
9. Saaty T.L. RACSAM - Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales. Serie A. Matematicas. 2008. V. 102 (2). Pp. 251–318.
10. Kafiev I.R., Romanov P.S., Romanova I.P. Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 3(35). Pp.48-52.