

Оценка технологических решений при устройстве эксплуатируемой кровли на основании показателей эффективности

Л.Х. Сафина

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Аннотация: Концепция вертикального расширения застройки становится все более популярной в России, особенно в крупных городах, в связи с дефицитом и высокой стоимостью участков под застройку. Настоящая статья продолжает исследование предоставленного материала о выборе варианта технологии устройства эксплуатируемой кровли, предназначенной для возможности использования, например, в качестве зоны отдыха, размещения спортивных площадок, озеленения и др. В статье представлены результаты сравнительной оценки технологической эффективности возведения эксплуатируемых кровель, устраиваемых с традиционным и инверсионным расположением водоизоляционного ковра и теплоизоляции. В проведенном исследовании применены методики оценки их организационно-технологических решений на основании показателей технологической эффективности. Кроме того, приведены примеры использования инструментов системотехнической оценки. Определена степень технологичности устройства эксплуатируемых кровель на основании некоторых системотехнических принципов и критериев оптимальности при сравнении разных вариантов технологических и организационно-технологических решений. По расчету показателей эффективности возникает набор показателей, имеющих разные размерности. Они используются в качестве исходных данных для совокупного анализа при применении системотехнических приемов. Такой подход позволяет добиться внутренней совместимости между элементами системы, в данном случае, полученными показателями эффективности. Технологические преимущества инверсионного устройства эксплуатируемой кровли, в частности, предназначенной для озеленения, вновь получили свое подтверждение.

Ключевые слова: эксплуатируемая кровля, вертикальное озеленение, инверсионные технологии устройства кровель.

Концепция вертикального расширения застройки становится все более популярной в России, особенно в крупных городах, в связи с дефицитом и высокой стоимостью участков под застройку [1-3]. В продолжение исследования [4] интенсивно развивающегося в последнее время применения эксплуатируемых кровель, [5-7], в настоящей статье рассматриваются методики оценки их организационно-технологических решений на основании показателей технологической эффективности.

В СП 17.13330.2017 «Кровли» говорится, что исполнение «кровли из рулонных и мастичных материалов предусматривают в традиционном (при расположении водоизоляционного ковра над теплоизоляцией), либо инверсионном (при расположении водоизоляционного ковра под теплоизоляцией) вариантах».

Показателями эффективности назовем комплекс разноразмерных параметров, включающий технико-экономические показатели, качественные характеристики и критерии эффективности [8-10]:

1. m – число захваток, участвующих в процессе, шт.
2. F_{np} – общий объем работ, m^2
3. Q – общая трудоемкость строительства, чел./дн.
4. t_i – продолжительность отдельного вида работ, дн.
5. t_{max} – максимальная продолжительность отдельного вида работ, дн.
6. T – продолжительность строительства, дн.
7. R_{cp} – среднее количество рабочих, чел.
8. R_{max} – максимальное количество рабочих, чел.

В качестве примера ниже на таблице 1 приведены результаты проведенных исследований для кровли, предназначенной для озеленения при ее устройстве по традиционной и инверсионной технологиям. Исследование было выполнено Фоминым Н.В. при подготовке квалификационной работы магистра.

Значения показателей 1-5 принимаются на основании таблиц определения организационно-технологических параметров возведения эксплуатируемых кровель (аналогичных Таблицам 1 и 2 из [4]); значения показателей 6 и 7 принимаются по графикам распределения трудовых ресурсов, их общий вид представлен на рис.1 а, б.

Анализируя результаты, представленные в таблице 1, можно сказать, что большинство расчетных показателей указывают на более высокую технологическую эффективность возведения эксплуатируемых кровель по инверсионной технологии.

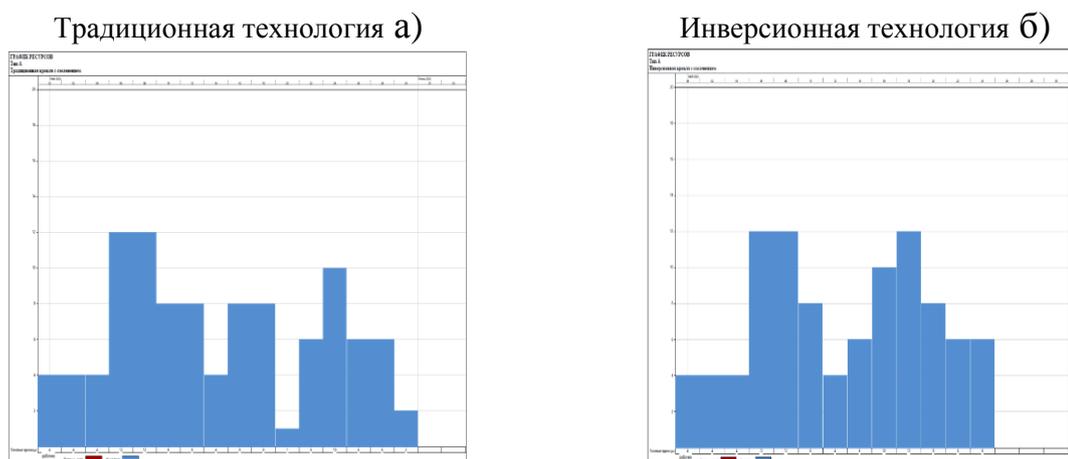


Рис. 1. – Общий вид графиков распределения трудовых ресурсов.

Таблица 1

Показатели эффективности возведения эксплуатируемой кровли,
предназначенной для озеленения

№	Наименование показателя	Расчетная формула	Технология устройства кровли под озеленение	
			Традиционная	Инверсионная
1	2	3	4	5
1	Темп объектного потока	$V_n = \frac{m}{T}$	0,33	0,38
2	Производственная мощность потока	$W_n = \frac{F_{пр}}{T}$	33,33	38,46
3	Производительность потока	$P_n = \frac{F_{пр}}{Q}$	6,99	7,92

4	Удельная трудоемкость возведения	$q_з = \frac{Q}{F_{пр}}$	0,143	0,126
1	2	3	4	5
5	Общая продолжительность строительства	$T = \sum t_i$	30,0	26,0
6	Продолжительность работ на одной захватке	$H = \frac{T}{m}$	3,00	2,6
7	Коэффициент равномерности использования трудовых ресурсов	$K_p = \frac{R_{max}}{R_{cp}}$	2,52	2,47

Затем в исследовании были применены инструменты системотехнической оценки. Определена степень технологичности устройства эксплуатируемых кровель на основании некоторых системотехнических принципов и критериев оптимальности при сравнении разных вариантов технологических и организационно-технологических решений.

По расчету показателей эффективности, часть которых представлена в таблице 1, возникает набор показателей, имеющих разные размерности. Они используются в качестве исходных данных для совокупного анализа при применении системотехнических приемов. Такой подход позволяет добиться внутренней совместимости между элементами системы, в данном случае полученными показателями эффективности.

В частности, такая задача может быть решена методом дискретного анализа, на основании дискретного выбора, с помощью разноразмерных показателей эффективности [8-10].

Разноразмерность показателя – свойство показателя, возникающее, как следствие учета влияния различных факторов, имеющих различный физический смысл и/или экономическое значение.

Определяются критерии оптимальности показателей возведения эксплуатируемой кровли с озеленением. В таблице 2 представлены исходные данные для расчета критериев оптимальности сравниваемых вариантов организационно-технологических решений возведения эксплуатируемых кровельных покрытий с помощью дискретного анализа.

Таблица 2

Критерии эффективности показателей при возведении эксплуатируемой кровли, предназначенной для озеленения

Технология устройства кровли	Темп потока	Производственная мощность потока	Производительность потока	Удельная трудоемкость возведения	Общая продолжительность строительства	Продолжительность работ на одной захватке	Коэффициент равномерности использования трудовых ресурсов
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
Традиционная	0,33	33,33	6,99	0,143	30,0	3,0	2,52
Инверсионная	0,38	38,46	7,92	0,126	26,0	2,6	2,47
Лучший показатель по критерию	0,38	38,46	7,92	0,126	26,0	2,6	2,47
Критерий оптимальности	max	max	max	min	min	min	min

Полученные показатели эффективности можно представить в виде матрицы «А», где:

- X_i – показатель эффективности;
- S_i – номер варианта организационно-технологического решения:

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
S_1	0,33	33,33	6,99	0,143	30,0	3,0	2,52
S_2	0,38	38,46	7,92	0,126	26,0	2,6	2,47

Но матрица «А» не может быть решена, так как данные в матрице имеют разные размерности. Добавив строки – лучшие показатели по критерию,

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
S_1	0,33	33,33	6,99	0,143	30,0	3,0	2,52
S_2	0,38	38,46	7,92	0,126	26,0	2,6	2,47
S_3	0,38	38,46	7,92	0,126	26,0	2,6	2,47

преобразуем элементы матрицы «А» в элементы матрицы «В» (для оптимальных показателей «min» и для оптимальных показателей «max») по формуле (1):

$$b_{ij} = \begin{cases} \left(\frac{a_{min}}{a_{ij}}\right)^2 \\ \left(\frac{a_{ij}}{a_{max}}\right)^2 \end{cases} \quad (1)$$

Матрица «В» принимает вид:

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
S_1	0,75	0,75	0,78	0,69	0,65	0,65	0,95
S_2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Для матрицы «В» применяется метод решения конфликтных ситуаций при неопределенности. Оптимальный выбор организационно-технологического решения возведения эксплуатируемых кровельных покрытий использует критерии оценки Вальда, Сэвиджа и метод Гурвица.

Выводы.

1. Методики оценки организационно-технологических решений на основании показателей технологической эффективности при возведении эксплуатируемых кровель подтвердили более высокую эффективность инверсионной технологии.
2. Дополнительное подтверждение первый вывод получил при применении некоторых инструментов системотехники.

Литература

1. Feng C., Meng Q., Y. Zhang Y. Theoretical and experimental analysis of the energy balance of extensive green roofs. *Energy and Buildings*, 2010, vol.42, issue.6, pp.959-965,
 2. Klueva, N., Emelyanov, S., Kolchunov, V., Bukhtiyarova, A. New industrial energy and resource saving structural solutions for public buildings, *Applied Mechanics and Materials*, 2015, Volume 725-726, pp. 1423-1429.
 3. Король Е.А., Шушунова Н.С. Технологии экостроительства эксплуатируемых кровельных покрытий. *Научное обозрение*. 2015. № 8. С. 42-45.
 4. Сафина Л.Х. Конструктивные и технологические особенности кровли, предназначенной для круглогодичного использования // *Инженерный вестник Дона*, 2022, №11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2022/7977.
 5. Эксплуатируемые и зелёные кровли. Техническое руководство. Ewald, Dörken GmbH &Co. KG, D-58313 Herdecke, 2020. URL: doerken.com/ru/ru/content/preview/21746/file/Plannung_Grundach_2014_ru.pdf
 6. Нилова О.В., Москаленко З.С. Озеленение крыш: отечественный и зарубежный опыт. *Universum: Технические науки: электрон. научн. журн*. 2019. № 12(69). Сс. 66-67. URL: cyberleninka.ru/article/n/ozelenenie-krysh-ottechestvennyy-i-zarubezhnyy-opyt/viewer
-



7. Иоффе А.О., Гаврилова О.И. Зеленые растения и зеленые крыши как способ борьбы с шумовым загрязнением // Инженерный вестник Дона, 2018, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/5319.

8. Устинович Л.Л., Завадскас Э.К. Система принятия решений при реконструкции зданий. Вестник БНТУ, 2002, № 6. С. 30-33.

9. Болотин С.А., Дадар А.Х., Мальсагов А.Р. Экспертная методика усреднения результатов измерения, полученных разными методами и инструментальными средствами. DOI: 10.23968/1999-5571-2018-15-2-122-127.

10. Завадскас Э.К. A generalized systemotechnical evaluation and determination of the priorities in building design decisions. Statyba, 1:4, 31-39, DOI: 10.1080/13921525.1995.10531531.

References

1. Feng C., Meng Q., Y. Zhang Y. Energy and Buildings, 2010, vol.42, issue.6, pp.959-965.

2. Klueva, N., Emelyanov, S., Kolchunov, V., Bukhtiyarova, A. Applied Mechanics and Materials, 2015, Volume 725-726, pp. 1423-1429.

3. Korol` E.A. Shushunova N.S. Nauchnoe obozrenie. 2015. № 8. pp. 42-45.

4. Safina L.Kh. Inzhenerny`j vestnik Dona, 2022, №11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2022/7977.

5. E`kspluatiruemy`e i zelyony`e krovli. Texnicheskoe rukovodstvo [Exploited and green roofs. Technical guide]. Ewald, Dörken GmbH & Co. KG, D-58313 Herdecke, 2020. URL: doerken.com/ru/ru/content/preview/21746/file/Plannung_Grundach_2014_ru.pdf

6. Nilova O.V., Moskalenko Z.S. Universum: Texnicheskie nauki: e`lektron. nauchn. zhurn. 2019. № 12(69). URL: cyberleninka.ru/article/n/ozelenenie-krysh-otechestvennyy-i-zarubezhnyy-opyt/viewer



7. Ioffe A.O., O.I.Gavrilova Inzhenerny`j vestnik Dona, 2018, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2018/236.
8. Ustinovich L.L., Zavadskas E`.K. Vestnik BNTU, 2002. №6. pp. 30-33.
9. Bolotin S.A., Dadar A.Kh., Mal`sagov A.R. E`kspertnaya metodika usredneniya rezul`tatov izmereniya, poluchenny`kh razny`mi metodami i instrumental`ny`mi sredstvami [Expert technique for averaging measurement results obtained by different methods and tools]. DOI: 10.23968/1999-5571-2018-15-2-122-127.
10. Zavadskas E`.K. A generalized systemotechnical evaluation and determination of the priorities in building design decisions. Statyba, 1:4, 31-39, DOI: 10.1080/13921525.1995.10531531.