ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА. ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

УДК 693:692.4

DOI: 10.22227/1997-0935.2019.2.250-261

Организационно-технологическое моделирование процессов устройства кровельных покрытий с модульной системой озеленения

Е.А. Король, Н.С. Шушунова

*Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(НИУ МГСУ), 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26*

АННОТАЦИЯ

Введение. Представлен подход к разработке организационно-технологических моделей процессов устройства эксплуатируемых кровельных покрытий с системами озеленения, позволяющих выполнить систематизацию конструктивно-технологических решений. Приводятся организационно-технологические параметры устройства кровельных покрытий с озеленением. В настоящее время недостаточно изучены проблемы, связанные с исследованием организационно-технологических параметров при устройстве нетрадиционных энергосберегающих инженерных систем.

Материалы и методы. Проведен анализ научно-технических исследований отечественных и зарубежных ученых в области технологий зеленого строительства применительно к устройству кровельных покрытий. Сформулированы организационно-технологические параметры технологических процессов и технологических операций при производстве работ устройства покрытий. Использованы методы математического моделирования, а также методы структурно-функционального моделирования.

Результаты. Определены организационно-технологические параметры устройства кровельных покрытий с озеленением, состав и последовательность технологических процессов и операций при устройстве кровельных покрытий с системами озеленения. Упорядочены рабочие операции технологических процессов устройства модульных систем озеленения эксплуатируемых кровельных покрытий. Построены пространственно-технологические и функциональные модели технологических процессов устройства эксплуатируемых кровельных покрытий с системами озеленения, позволяющие выявить резервы и устранить технологические непроизводительные перерывы в процессе производства.

Выводы. Установлено, что в области технологий зеленого строительства имеется необходимость разработки новых стандартов и дополнения положений нормативно-технической базы, содержащих руководящие принципы, которые охватывают процессы проектирования и строительства с подробным описанием организационно-технологических и конструктивно-технических характеристик. Построенные пространственно-технологические и функциональные модели технологических процессов устройства эксплуатируемых кровельных покрытий с системами озеленения позволяют выявить резервы и устранить технологические непроизводительные перерывы в процессе производства работ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: зеленая кровля, организационно-технологические параметры, технологии зеленого строительства, устойчивое развитие, эксплуатируемые кровельные покрытия

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Король Е.А., Шушунова Н.С. Организационно-технологическое моделирование процессов устройства кровельных покрытий с модульной системой озеленения // Вестник МГСУ. 2019. Т. 14. Вып. 2. С. 250–261. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.2.250-261

Organizational and technological modeling of the processes of the device of roofing coatings with modular system of greening

Elena A. Korol, Natalia S. Shushunova

*Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU),
26 Yaroslavl'skoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation*

ABSTRACT

Introduction. Presents an approach to the development of organizational-technological models of the processes of the device of operated roofing coatings with landscaping systems, which allow the systematization of constructive-technological solutions. Are given the the organizational and technological parameters of the device roofing with landscaping. At present, the problems associated with the study of organizational and technological parameters when constructing unconventional energy-saving engineering systems are not well understood.

Materials and methods. Analyzed of scientific and technical studies of domestic and foreign scientists in the field of green building technologies in relation to roofing. Formulated determination of organizational and technological parameters of technological processes and technological operations in the production of coatings. The study applied methods of mathematical modeling, as well as methods of structural-functional modeling.

Results. Determined the organizational and technological parameters of green roof coverings the composition and sequence of technological processes and operations for roofing coverings with landscaping systems. The work ordering of technological processes of the device of modular landscaping systems of operated roofing coatings has been made. Spatial-technological and functional models of technological processes of the device of operated roofing coatings with landscaping systems have been built, which allow revealing reserves and eliminating technological non-production interruptions in the course of work.

Conclusions. Established that in the field of green building technologies there is a need to develop new standards and supplement the provisions of the regulatory framework containing guidelines that cover the design and construction processes with a detailed description of the organizational, technological and structural characteristics. The constructed spatial-technological and functional models of the technological processes of the device of the operated roofing coatings with landscaping systems make it possible to identify reserves and eliminate technological non-production interruptions in the production process.

KEYWORDS: green roof, organizational and technological parameters, green building technology, sustainable development, operated roofing

FOR CITATION: Korol E.A., Shushunova N.S. Organizational and technological modeling of the processes of the device of roofing coatings with modular system of greening. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2019; 14:2:250-261. DOI: 10.22227/1997-0935.2019.2.250-261

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования определяется тем, что в настоящее время в практике современного строительства увеличиваются объемы применения эксплуатируемых кровельных покрытий с системами озеленения. Вместе с тем применение таких покрытий не регламентировано существующей нормативно-технической базой в области организационно-технологического проектирования.

В практике современного строительства при проектировании эксплуатируемых кровель все чаще используют озеленяемые покрытия крыш зданий и сооружений. При намеченных тенденциях роста энергоэффективных и экологических строительных технологий и применением эксплуатируемых кровельных покрытий с системами озеленения, важным является значение и роль государства в развитии существующей нормативно-технической базы организационно-технологического проектирования. В последние десятилетия правительства развитых стран переходят к политике восстановления нарушенных экосистем. Новые формы организации труда и прогрессивный рост применения новой техники приводят к тому, что необходимо периодически пересматривать действующую документацию технического нормирования. Так, в статье В.И. Баженова жилищное строительство и экология рассматриваются как единый комплекс, который во многом определяет уровень развития общества и его производственных сил [1]. Основы организации выполнения работ в строительстве, методы расчета поточных процессов при оптимизации распределения однородных и неоднородных ресурсов исследуются в научных трудах П.Г. Грабового и др. [2].

По приведенным данным в работе А.А. Волкова, Я.Э. Гроссмана и др. создана математическая модель, которая позволяет на этапе проектирования определить и оценить энергетическую эффективность зданий [3]. Описание технологических процессов и анализ технологических параметров устройства многослойной конструкции плиты перекрытия рассмотрены в статьях [4–6]. Создание экономической модели позволяет оценить риски в системах управления строительным производством [7].

Интерес к новым технологиям, формирующим пространство урбанистической среды с устройством зеленой кровли, оказывающим влияние на эффект глобального потепления, растет во многих развитых странах высокими темпами, принципы ответственности «зеленых» зданий создают благоприятную среду для здоровья и благополучия населения [8, 9]. Однако следует заметить, что исследований технологических параметров устройства зеленых кровельных покрытий не так много, в основном такие исследования связаны с выявлением экологического потенциала зеленых кровельных покрытий, рассмотрением их шумопоглощающих характеристик и факторов влияния на микроклимат вблизи зданий [10–13]. В лаборатории восстановления и технического обслуживания Университета Неаполя Федерико II совместно с Институтом композитных и биомедицинских материалов (IMCB) Национального исследовательского совета Италии (CNR) изучается потенциал запатентованной гибридной пены Нурусет в качестве экологически чистой технологии восстановления плоских крыш в железобетонных зданиях [14].

Зеленые покрытия зданий способствуют их положительной роли: уменьшают негативное влияние

зданий на окружающую среду, а также поддерживают национальную экономику [15]. Исследование, проведенное в Саудовской Аравии, показало неэффективность традиционных типов кровель: теплотехнический анализ различных моделей привел к улучшению до 89 % характеристик кровли в отношении ее показателей теплоизоляции. Эти результаты были получены путем преобразования существующих железобетонных покрытий в зеленые крыши [16].

Оценка стратегического развития применения зеленых кровель дана в работе [17]. Экспериментальные данные различных решений для зеленых кровельных покрытий ученых в Италии [18] показали, что пассивный эффект охлаждения зеленой крыши приводит к сокращению от 30 до 37 % тепловой энергии, выходящей из здания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании описан метод формирования организационно-технологических модулей технологических процессов устройства модульной системы кровельного покрытия с озеленением на основе принципов экономии труда и времени. Методы сетевого планирования, методы теории расписаний и теории графов являются основой для формирования структурно-функционального моделирования, включающего также формальные методы экспертного оценивания, использующихся, в том числе, для выбора оптимального организационно-технологического решения возведения зданий [19–20].

Устройство зеленых насаждений на эксплуатируемой кровле представляет собой сложный технологический процесс, что очевидно приводит

к увеличению общей трудоемкости устройства кровельных покрытий.

Однако технологические решения устройства кровельных покрытий могут быть различными:

- сплошное покрытие;
- сборно-разборное покрытие (рис. 1).

Приведенные в табл. 1 технологические процессы и технологические операции организационно-технологического модуля (ОТМ) формируются в определенной структурной последовательности и состоят из пространственно-технологической структурной и функциональной модели.

Организационно-технологические модули отдельных технологических процессов состоят из взаимосвязанных элементов: ресурсов-модулей, работ-модулей и фронтов-модулей (рис. 2).

Алгоритм построения пространственно-технологической структурной модели разделен по следующим этапам:

1. Построение матрицы технологических связей процессов ОТМ по результатам экспертной оценки последования — предшествования технологических процессов (операций) в парных сравнениях.

2. Создание графа технологической последовательности на основании данных матрицы (исключение составных операций).

3. Фрагментация графа на определенные слои (нахождение и отсеивание путей, которые являются следствием свойства транзитивности).

4. Создание итогового графа пространственно-технологической структуры ОТМ (рис. 3).

При этом было введено отношение пространственной эквивалентности « $\equiv$ » по правилу: из того, что $y_i, y_j \in (y_i) \& k_i = k_j$ следует, что $y_i = y_j$.

Рис. 1. Конструктивно-технологическое решение сборно-разборного модульного покрытия

Fig. 1. Constructive and technological solution of a collapsible modular coating

Табл. 1. Технологические процессы и операции ОТМ устройства кровельных покрытий с системами озеленения

Table 1. Technological processes and operations of OTM roofing devices with landscaping systems

Наименование технологического процесса (технологической операции) / Name of technological process (technological operation)	Исполнители / Performers	Рабочее пространство процесса (операции) / Work place of process (operation)	Новое обозначение процесса (операции) / New designation of process (operation)
Входной контроль материалов / Input control of materials	Мастер / Master		y1
Проверка соответствия проекту расположения элементов кровли / Verification of compliance with the project the location of the elements of the roof	Мастер / Master	P3 / WZ	y2
Проверка соответствия проекта поступающих материалов / Verification of the draft of the incoming materials	Мастер / Master	УПП / SAP	y3
Подготовка и транспортировка материалов / Preparation and transportation of materials	Такелажник 2 разр. — 2, машинист 4 разр. — 1, машинист 6 разр. — 1, подсобный рабочий 2 разр. — 1 / Rigger of 2 discharge — 2, machinist of 4 discharge — 1, machinist of 6 discharge — 1, an auxiliary worker of 2 discharge — 1		y4
Подача материалов на крышу краном / Feeding materials to the roof by crane	Такелажник 2 разр. — 2, машинист 6 разр. — 1 / Rigger of 2 discharge — 2, machinist of 6 discharge — 1	УПП / SAP	y5
Подготовка основания / Foundation preparation	Кровельщик 2 разр. — 2, кровельщик 3 разр. — 1 / Roofer of 2 discharge — 2, roofer of 3 discharge — 1		y6
Разметка покрытия для раскладки опор (нивелирование) / Marking coverage for the layout of supports (leveling)	Кровельщик 2 разр. — 2, кровельщик 3 разр. — 1 / Roofer of 2 discharge — 2, roofer of 3 discharge — 1	P3 / WZ	y7
Раскладка и приклеивание опор / Layout and gluing of supports	Кровельщик 2 разр. — 2, кровельщик 3 разр. — 1 / Roofer of 2 discharge — 2, roofer of 3 discharge — 1	P3 / WZ	y8
Регулирование угла наклона опоры / Regulation of a tilt angle of a support	Кровельщик 2 разр. — 2, кровельщик 3 разр. — 1 / Roofer of 2 discharge — 2, roofer of 3 discharge — 1	P3 / WZ	y9
Крепление фиксаторов / Fixing the clamps	Кровельщик 2 разр. — 2, кровельщик 3 разр. — 1 / Roofer of 2 discharge — 2, roofer of 3 discharge — 1	P3 / WZ	y10
Перевозка материалов (грузов) ручными тележками / Transportation of materials (goods) by hand carts	Подсобный рабочий 2 разр. — 1 / An auxiliary worker of 2 discharge — 1	P3 / WZ	y11
Укладка и фиксация решетчатого настила на опоры / Laying and fixing of lattice flooring on supports	Кровельщик 2 разр. — 2, кровельщик 3 разр. — 1 / Roofer of 2 discharge — 2, roofer of 3 discharge — 1	P3 / WZ	y12

Продолжение табл. 1

Наименование технологического процесса (технологической операции) / Name of technological process (technological operation)	Исполнители / Performers	Рабочее пространство процесса (операции) / Work place of process (operation)	Новое обозначение процесса (операции) / New designation of process (operation)
Подача раствора бетонной смеси в ящиках автокраном / Concrete mortar feed in drawers by autocrane	Такелажник 2 разр. — 2, машинист 4 разр. — 1 / Rigger of 2 discharge — 2, machinist of 4 discharge — 1	УПП / SAP	y13
Установка и соединение группы модулей в количестве 4 шт. с фиксацией к решетчатому настилу / Installation and connection of a group of modules in the amount of 4 pieces with fixation to the lattice flooring	Кровельщик 2 разр. — 2, кровельщик 3 разр. — 1 / Roofer of 2 discharge — 2, roofer of 3 discharge — 1	P3 / WZ	y14
Качество подготовки основания покрытия / The quality of preparation of the base of coating	Мастер / Master	P3 / WZ	y15
Контроль технического состояния технологического оборудования / Control the technical condition of the process equipment	Мастер / Master	УПП / SAP	y16
Установка систем озеленения / Installation of systems landscaping	Кровельщик 2 разр. — 2, подсобный рабочий 1 разр. — 1 / Roofer of 2 discharge — 2, an auxiliary worker of 1 discharge — 1	P3 / WZ	y17
Пооперационный контроль технологического процесса / Control of technological process on operations	Мастер / Master	P3 / WZ	y18
Наполнение группы модулей почвогрунтом и посадочным материалом / Filling a group of modules with soil and planting material	Кровельщик 2 разр. — 2, подсобный рабочий 1 разр. — 1 / Roofer of 2 discharge — 2, an auxiliary worker of 1 discharge — 1	P3 / WZ	y19
Контроль качества законченных стыков элементов конструкций / Quality control of finished joints of structural elements	Лаборант, кровельщик 3 разряда, мастер / Laboratory assistant, roofer of 3 discharge, master		y20
Визуальный контроль / Visual control	Кровельщик 3 разряда / Roofer of 3 discharge	P3 / WZ	y21
Контроль геометрических параметров элементов кровли / Control of geometric parameters of roofing elements	Мастер / Master	P3 / WZ	y22
Неразрушающие методы контроля / Non-destructive control methods	Лаборант / Laboratory assistant	P3, лаборатория / WZ, laboratory	y23
Проведение испытаний конструкций и материалов кровли / Testing of structures and roofing materials	Лаборант / Laboratory assistant	P3, лаборатория / WZ, laboratory	y24

Примечания: P3 — рабочая зона; УПП — участок приемки и подготовки материалов.

Note: WZ — work zone; SAP — site of acceptance and preparation of materials.

Рис. 2. Структурная модель организационно-технологических модулей отдельных технологических процессов

Fig. 2. Structural model of organizational and technological modules of individual technological processes

Данное отношение отражено на графе пространственной структуры ОТМ: между технологическими операциями устройства модульной системы кровельного покрытия с озеленением установлены связи пространственной эквивалентности, где

можно выделить рабочие операции, выполняемые в определенном подпространстве:

k_1 — класс пространственной эквивалентности рабочей зоны устройства кровли (связи между операциями, выполняемыми в рабочей зоне устройства

Рис. 3. Пространственно-технологическая структурная модель ОТМ технологического процесса устройства модульной системы кровельного покрытия с озеленением

Fig. 3. Spatial-technological structural model of the OTM technological process of the device modular system roofing with landscaping

кровельного покрытия с модульными системами озеленения) — основное подпространство;

$k2$ — класс пространственной эквивалентности: участок приемки и подготовки материалов (обслуживающее подпространство);

$k3$ — класс пространственной эквивалентности испытательной лаборатории (обслуживающее подпространство).

Исполнителям технологических процессов и операций присваиваются соответствующие номера — классы ресурсной эквивалентности (l):

$l1$ — класс ресурсной эквивалентности: мастер — 1;

$l2$ — класс ресурсной эквивалентности: таке-лажник 2 разр. — 2, машинист 6 разр. — 1;

$l3$ — класс ресурсной эквивалентности: подсобный рабочий 2 разр. — 1;

$l4$ — класс ресурсной эквивалентности: кровельщик 2 разр. — 2, кровельщик 3 разр. — 1;

$l5$ — класс ресурсной эквивалентности: лаборант — 1 (рис. 4).

Затем построим функциональную модель ОТМ технологического процесса устройства кровельного покрытия с модульными системами озеленения. Функциональная модель ОТМ технологического процесса устройства модульной системы кровельного покрытия с озеленением представляет собой систему, состоящую из взаимосвязанных элементов технологического процесса с функциональными связями между ними. В функциональной модели для каждого технологического процесса (технологической операции) введено значение времени ее выполнения t_{ijkl} , где i — индекс элемента последовательности (номер операции), $i = 1, \dots, 24$; j — номер слоя, в котором находится операция, $j = 1, \dots, 6$; k — номер основного или обслуживающего подпространства, $k = 1, \dots, 3$; l — класс трудового ресурса, $l = 1, \dots, 5$. Продолжительность работ в основ-

Рис. 4. Распределение трудовых ресурсов ОТМ технологического процесса устройства модульной системы кровельного покрытия с озеленением

Fig. 4. The distribution of labor resources OTM of technological process of the device modular roofing system with landscaping

ном подпространстве является определяющей для остальных подпространств и для смежных процессов, поэтому рабочие операции в обслуживающих подпространствах могут начинаться с моментов, более ранних, чем в основном подпространстве.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исходя из проведенного анализа научно-технических исследований отечественных и зарубежных ученых в области технологий зеленого строительства применительно к устройству кровельных покрытий, следует заметить, что применение таких покрытий не регламентировано существующей нормативно-технической базой в области организационно-технологического проектирования [21].

В результате проведенного исследования выполнен следующий комплекс работ:

1. Определены состав и последовательность технологических процессов и операций при устройстве кровельных покрытий с системами озеленения.
2. Произведено упорядочение рабочих операций технологических процессов устройства модульных систем озеленения эксплуатируемых кровельных покрытий.
3. Построены пространственно-технологические и функциональные модели технологических процессов устройства эксплуатируемых кровельных покрытий с системами озеленения (рис. 5), позволяющие выявить резервы и устранить технологические непроизводительные перерывы в процессе производства работ. При этом применялись классы

Рис. 5. Функциональная модель ОТМ технологического процесса устройства модульной системы кровельного покрытия с озеленением

Fig. 5. Functional model OTM technological process of the device modular roofing system with landscaping

ресурсной эквивалентности l и классы пространственной эквивалентности k . По данным моделям легко выделять отдельные технологические операции и определять продолжительность работ в основном и обслуживающих подпространствах.

Таким образом, с помощью структурно-функциональной модели оказывается возможным определять организационно-технологические параметры — основные показатели организационной эффективности технологических процессов устройства модульной системы кровельного покрытия с озеленением.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Развитие современного строительного производства и строительной отрасли в целом связано с увеличивающимися темпами роста энергоэффективных и экологических строительных технологий, в том числе технологий с применением эксплуатируемых кровельных покрытий с системами озеленения, направленных на создание благоприятной урбанистической среды для будущих поколений [22, 23]. Системы модульного озеленения имеют специфические конструктивно-технологические особенности, которые необходимо учитывать при разработке документов организационно-

технологического проектирования. Для внедрения технологий зеленого строительства требуется комплексный подход и оценка таких инновационных проектов [24, 25]. В настоящее время имеется необходимость в разработке новых стандартов в области технологий зеленого строительства и дополнении положений нормативно-технической базы, содержащих руководящие принципы, которые охватывают процессы проектирования и строительства с подробным описанием организационно-технологических и конструктивно-технических характеристик. Построенные пространственно-технологические и функциональные модели технологических процессов устройства эксплуатируемых кровельных покрытий с системами озеленения позволяют выявить резервы и устранить технологические непроизводительные перерывы в процессе производства работ. Определяющими организационно-технологическими параметрами таких моделей являются трудовые ресурсы и временные параметры. При этом для оценки и принятия правильных технологических решений в строительном производстве возможно использовать предложенный подход в построении пространственно-технологической структурной и функциональной модели для различных организационно-технологических процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баженов В.И., Устюжанин А.В. Оценка долгосрочных инвестиционных проектов с энергоэффективными решениями на основе показателя затраты жизненного цикла // Вестник МГСУ. 2015. № 9. С. 146–157. DOI: 10.22227/1997-0935.2015.9.146-157
2. Грабовый П.Г., Окоделова Э.Ю., Трухина Н.И. Динамическая модель прогнозирования развития инновационного проекта // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2017. № 1 (367). С. 78–82.
3. Волков А.А., Седов А.В., Чулков Г.О., Шрейбер К.А., Шепелев А.Л., Гроссман Я.Э. Организация интеллектуального управления жизненными циклами безопасной, энергоэффективной, экологичной и комфортной среды жизнедеятельности // Научное обозрение. 2015. № 19. С. 92–96.
4. Korol E.A., Mostovoy D.A., Pleshivcev A.A. Technological parameter optimization of multilayer enclosure structures with the multiple-criteria decision analysis // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 170. P. 03031. DOI: 10.1051/mateconf/201817003031
5. Korol S.P., Shushunova N.S., Shushunova T.N. Innovation technologies in Green Roof systems // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 193. P. 04009. DOI: 10.1051/mateconf/201819304009
6. Korol E., Kagan P., Barabanova T., Bunkina I. Description of technological processes in construction using formal language // International Journal of Applied Engineering Research. 2016. Vol. 11. No. 3. Pp. 1691–1693.
7. Borkovskaya V.G., Degaev E., Burkova I. Environmental economic model of risk management and costs in the framework of the quality management system // MATEC Web of Conference. 2018. Vol. 193. P. 05027. DOI: 10.1051/mateconf/201819305027
8. Green innovations for life. URL: <https://www.grooflab.com/home>
9. Korol E., Shushunova N. Modular green roofs in urban ecospace // Landscape Architecture — The Sense of Places, Models and Applications. 2018. URL: <https://www.intechopen.com/books/landscape-architecture-the-sense-of-places-models-and-applications/modular-green-roofs-in-urban-ecospace>. DOI: 10.5772/intechopen.74991
10. Catalano C., Laudicina V.A., Badalucco L., Guarino R. Some European green roof norms and guidelines through the lens of biodiversity: Do ecoregions and plant traits also matter? // Ecological Engineering. 2018. Vol. 115. Pp. 15–26. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2018.01.006
11. Moghbel M., Salim R.E. Environmental benefits of green roofs on microclimate of Tehran with specific focus on air temperature, humidity and CO₂ content // Urban Climate. 2017. Vol. 20. Pp. 46–58. DOI: 10.1016/j.uclim.2017.02.012
12. Xiao M., Lin Ya., Han J., Zhang G. A review of green roof research and development in China // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2014. Vol. 40. Pp. 633–648. DOI: 10.1016/j.rser.2014.07.147
13. Renterghem T. Van. Green roofs for acoustic insulation and noise reduction // Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability. 2018. Pp. 167–179. DOI: 10.1016/b978-0-12-812150-4.00016-1
14. Viola S. Green roofs for built environment recovery: technological transitions // Journal of Cleaner Production. 2017. Vol. 153. Pp. 592–599. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.03.052
15. Суэтина Т.А., Наназашвили И.Х., Пleshivцев А.А. Организация строительства экологических быстровозводимых зданий // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер. : Строительство и архитектура. 2013. № 31–2 (50). С. 535–539.
16. Amjad Khabaz. Construction and design requirements of green buildings' roofs in Saudi Arabia depending on thermal conductivity principle // Construction and Building Materials. 2018. Vol. 186. Pp. 1119–1131. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2018.07.234
17. Chen Chi-Feng. Performance evaluation and development strategies for green roofs in Taiwan: A review // Ecological Engineering. 2013. Vol. 52. Pp. 51–58. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2012.12.083
18. Bevilacqua Piero, Mazzeo D., Bruno R., Arcuri N. Experimental investigation of the thermal performances of an extensive green roof in the Mediterranean area // Energy and Buildings. 2016. Vol. 122. Pp. 63–79. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.03.062
19. Ланидус А.А., Жунин А.А. Моделирование и оптимизация организационно-технологических решений при возведении энергоэффективных ограждающих конструкций в гражданском строительстве // Вестник МГСУ. 2016. № 5. С. 59–71. DOI: 10.22227/1997-0935.2016.5.59-71
20. Синенко С.А., Славин А.М. К вопросу выбора оптимального организационно-технологического решения возведения зданий и сооружений // Научное обозрение. 2016. № 1. С. 98–103.
21. Король Е.А., Киселев И.Я., Шуцунова Н.С. Реконструкция предприятий текстильной промышленности с использованием кровельных покрытий с системами озеленения // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2018. № 3 (375). С. 294–300. URL: http://tp.ivgpu.com/wpcontent/uploads/2018/10/375_59.pdf
22. Теличенко В.И., Слесарев М.Ю. «Зеленая» стандартизация будущего — фактор экологической безопасности среды жизнедеятельности // Промышленное и гражданское строительство. 2018. № 8. С. 90–97.

23. Король О.А. Исследования и наукоемкие разработки в области энергоэффективного строительного производства // *Строительные материалы*. 2015. № 6. С. 13–15.

24. Strigin B.S. Domestic and foreign experience of using soft fitting structures in tent equipment // *MATEC*

Web of Conferences. 2018. Vol. 251. P. 06008. DOI: 10.1051/mateconf/201825106008

25. Лукинов В.А., Дьяков И.Г. Рейтинговая оценка энергосберегающих проектов с использованием технологий «зеленого строительства» // *Недвижимость: экономика, управление*. 2015. № 2. С. 26–29.

Поступила в редакцию 29 ноября 2018 г.

Принята в доработанном виде 30 декабря 2018 г.

Одобрена для публикации 30 января 2019 г.

О Б АВТОРАХ: **Король Елена Анатольевна** — доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой жилищно-коммунального комплекса, **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, professorskorol@mail.ru;

Шушунова Наталья Сергеевна — аспирант кафедры жилищно-коммунального комплекса, преподаватель кафедры комплексной безопасности в строительстве, **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, nshushun@gmail.com.

REFERENCES

1. Bazhenov V.I., Ustyuzhanin A.V. Estimation of long-term investment projects with energy-efficient solutions based on life cycle costs indicator. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2015; 9:146-157. DOI: 10.22227/1997-0935.2015.9.146-157 (rus.).

2. Grabovyy P.G., Okolelova E.Yu., Trukhina N.I. Dynamic model of forecasting of development of the innovative project. *News of higher educational institutions. Technology textile industry*. 2017; 1(367):78-82. (rus.).

3. Volkov A.A., Sedov A.V., Chulkov G.O., Shreyber K.A., Shepelev A.L., Grossman Ya.E. Organization of intelligent management of safe, energy-efficient, environmentally friendly and comfortable living environment lifecycles. *Scientific Review*. 2015; 19:92-96. (rus.).

4. Korol E.A., Mostovoy D.A., Pleshivcev A.A. Technological parameter optimization of multilayer enclosure structures with the multiple-criteria decision analysis. *MATEC Web of Conferences*. 2018; 170:03031. DOI: 10.1051/mateconf/201817003031

5. Korol S.P., Shushunova N.S., Shushunova T.N. Innovation technologies in Green Roof systems. *MATEC Web of Conferences*. 2018; 193:04009. DOI: 10.1051/mateconf/201819304009

6. Korol E., Kagan P., Barabanova T., Bunkina I. Description of technological processes in construction using formal language. *International Journal of Applied Engineering Research*. 2016; 11(3):1691-1693.

7. Borkovskaya V.G., Degaev E., Burkova I. Environmental economic model of risk management and

costs in the framework of the quality management system. *MATEC Web of Conference*. 2018; 193:05027. DOI: 10.1051/mateconf/201819305027

8. Green innovations for life. URL: <https://www.groooflab.com/home>

9. Korol E., Shushunova N. Modular green roofs in urban ecospace. *Landscape Architecture — The Sense of Places, Models and Applications*. 2018. URL: <https://www.intechopen.com/books/landscape-architecture-the-sense-of-places-models-and-applications/modular-green-roofs-in-urban-ecospace>. DOI: 10.5772/intechopen.74991

10. Catalano C., Laudicina V.A., Badalucco L., Guarino R. Some European green roof norms and guidelines through the lens of biodiversity: Do ecoregions and plant traits also matter? *Ecological Engineering*. 2018; 115:15-26. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2018.01.006

11. Moghbel M., Salim R.E. Environmental benefits of green roofs on microclimate of Tehran with specific focus on air temperature, humidity and CO₂ content. *Urban Climate*. 2017; 20:46-58. DOI: 10.1016/j.uclim.2017.02.012

12. Xiao M., Lin Ya., Han J., Zhang G. A review of green roof research and development in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2014; 40:633-648. DOI: 10.1016/j.rser.2014.07.147

13. Renterghem T. Van. Green roofs for acoustic insulation and noise reduction. *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability*. 2018; 167-179. DOI: 10.1016/b978-0-12-812150-4.00016-1

14. Viola S. Green roofs for built environment recovery: technological transitions. *Journal of Clean-*

er Production. 2017; 153:592-599. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.03.052

15. Suetina T.A., Nanazashvili I.Kh., Pleshivtsev A.A. Organization of construction of high-quick-mounted buildings. *Bulletin of Volgograd State Architectural and Construction University. Ser. : Building and architecture*. 2013; 31-2(50):535-539. (rus.).

16. Amjad Khabaz. Construction and design requirements of green buildings' roofs in Saudi Arabia depending on thermal conductivity principle. *Construction and Building Materials*. 2018; 186:1119-1131. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2018.07.234

17. Chen Chi-Feng. Performance evaluation and development strategies for green roofs in Taiwan: A review. *Ecological Engineering*. 2013; 52:51-58. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2012.12.083

18. Bevilacqua P., Mazzeo D., Bruno R., Arcuri N. Experimental investigation of the thermal performances of an extensive green roof in the Mediterranean area. *Energy and Buildings*. 2016; 122:63-79. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.03.062

19. Lapidus A.A., Zhunin A.A. Modeling and optimization of organizational and technological solutions in the construction of energy efficient fencing structures in civil engineering. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2016; 5:59-71. DOI: 10.22227/1997-0935.2016.5.59-71 (rus.).

20. Sinenko S.A., Slavin A.M. On the issue of choosing the optimal organizational and technological solution of erection of buildings and constructions. *Scientific Review*. 2016; 1:98-103. (rus.).

21. Korol E.A., Kiselev I.Ya., Shushunova N.S. Reconstruction of enterprises of textile industry with use of green roof covering systems. *News of higher educational institutions. Technology textile industry*. 2018; 3(375):294-300. URL: http://tp.ivgpu.com/wpcontent/uploads/2018/10/375_59.pdf (rus.).

22. Telichenko V.I., Slesarev M.Yu. "Green" standardization of the future — a factor of ecological safety of the life environment. *Industrial and Civil Construction*. 2018; 8:90-97. (rus.).

23. Korol O.A. Research and knowledge-intensive developments in the field of energy-efficient construction production. *Construction Materials*. 2015; 6:13-15. (rus.).

24. Strigin B.S. Domestic and foreign experience of using soft fitting structures in tent equipment. *MATEC Web of Conferences*. 2018; 251:06008. DOI: 10.1051/mateconf/201825106008

25. Lukinov V.A., D'yakov I.G. The rating of energy efficiency projects using technologies "green building". *Real Estate: Economics, Management*. 2015; 2:26-29. (rus.).

Received November 29, 2018

Adopted in a modified form December 30, 2018

Approved for publication January 30, 2019

ABOUT THE AUTHORS: **Elena A. Korol** — Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Housing and Communal Utility, **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation, professorkorol@mail.ru;

Natalia S. Shushunova — Postgraduate student of Department of Housing and Communal Utility, Lecturer of the Department of Environmental Engineering, **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation, nshushun@gmail.com.