

Исследование технологических параметров устройства и ремонта оснований плоских кровельных покрытий

УДК 69.07

Король Елена Анатольевна

Профессор, д.т.н., заведующий кафедрой «Жилищно-коммунальный комплекс», ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (г. Москва);
e-mail: professorkorol@mail.ru

Садковский Максим Валентинович

ООО «Южная строительная компания»;
e-mail: sadko_m@mail.ru

Аннотация: В практике современного строительства находят применение легкие бетоны низкой теплопроводности в качестве теплоизоляционного слоя ограждающих конструкций. В частности, они используются для утепления плоских кровель зданий различного назначения. Одним их эффективных способов устройства теплоизоляции является использование полистиролбетона низкой средней плотности и теплопроводности непосредственно в построечных условиях. Исследованиями установлены рациональный подбор состава этого вида бетона для устройства монолитного теплоизоляционного слоя, ресурсное обеспечение технологического процесса, включая механизацию работ и квалификационные требования к исполнителям. Совершенствование организационно-технологических решений плоских кровель на основе выбора рациональных параметров технологических процессов и операций обеспечивает сокращение трудоемкости, продолжительности и стоимости производства работ на строительной площадке.

INVESTIGATION OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE DEVICE AND REPAIR OF THE BASES OF FLAT ROOFING

Korol' Elena Anatolevna

Professor, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Housing and Communal Services, State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow; e-mail: professor-korol@mail.ru

Sadkovsky Maxim Valentinovich

Limited liability company "Southern Construction Company";
e-mail: sadko_m@mail.ru

Abstract: In the practice of modern construction, light concretes of low thermal conductivity are used as a thermal insulation layer of enclosing structures. In particular, they are used for insulation of flat roofs of buildings for various purposes. One of their effective

Ключевые слова: ремонт мягких кровель, полистиролбетон для утепления рулонных кровель, организационно-технологическое моделирование, упорядочение технологических операций, функциональное моделирование технологических процессов

Введение

Приоритетным направлением развития российской и мировой экономики является экономия топливно-энергетических ресурсов, повышение эффективности тепловой защиты зданий и сооружений, а также промышленных объектов [1-3]. Этому способствует внедрение энергоэффективных технологий и материалов [4-6]. Наиболее перспективными являются технологии применения низкотеплопроводных легких бетонов в качестве теплоизоляционного слоя ограждающих конструкций, который способен обеспечить не только высокий уровень теплозащиты,

methods of thermal insulation is the use of polystyrene concrete of low average density and thermal conductivity directly in building conditions. Studies have established the rational selection of the composition of this type of concrete for the device of a monolithic thermal insulation layer, the resource support of the technological process, including the mechanization of work and qualification requirements for performers. The improvement of organizational and technological solutions of flat roofs based on the choice of rational parameters of technological processes and operations ensures a reduction in the complexity, duration and cost of work on the construction site.

Keywords: repair of soft roofs, polystyrene concrete for insulation of rolled roofs, organizational and technological modeling, ordering of technological operations, functional modeling of technological processes

но и пролонгированный безремонтный срок службы [7,8]. Из них наиболее распространен в практике отечественного строительства полистиролбетон, физико-механические свойства которого всесторонне изучены и занормированы [9-11].

Разработана, всесторонне исследована и внедрена технология использования полистиролбетона и других видов низкотеплопроводных легких бетонов в ограждающих конструкциях индустриального изготовления [12,13]. Известен опыт применения полистиролбетона при производстве работ по устройству теплоизоляционных слоев наружных стен в монолитном домостроении [14].

Для использования в практике организационно-технологического проектирования и строительства зданий из монолитного железобетона технологии устройства теплоизоляционного слоя кровельных покрытий из

полистиролбетона необходимо исследовать и установить рациональные технологические параметры функционально и организационно связанных технологических процессов и операций.

Материалы и методы

Технологический процесс устройства теплоизоляционного слоя из полистиролбетона для плоских кровельных покрытий осуществляется непосредственно на строительной площадке. В состав бетона входит цемент, гранулы полистирола (пенопласта), пенообразователь СДО и вода. Соотношение пропорций ингредиентов выбирается исходя из технических требований, предъявляемых к полистиролбетонной теплоизоляционной стяжке. Для полистиролбетона плотностью 200 кг/м³ на один кубометр гранул полистирола устанавливается расход цемента 180 кг/м³. Полученная смесь подается пневмонагнетателем на кровлю по шлангам высокого давления на высоту до 90 м и укладывается с разуклонкой до 20 от горизонтальной плоскости. Через сутки на уложенную подготовку из полистиролбетона можно укладывать цементно-песчаную стяжку. Раствор для стяжки также готовится и подается пневмонагнетателем. С использованием героторного насоса скорость производства работ по приготовлению, подаче и укладке полистиролбетона в три раза выше, а стоимость работ по утеплению кровель с учетом материалов в два раза ниже, чем с использованием плитного утеплителя из пенополистирола.

После укладки с протяжкой полусухого цементно-песчаного раствора, поверхность получившейся

стяжки затирается дисковыми машинами. Образовавшаяся поверхность будет повторять геометрию разуклонки полистиролбетона, являясь ровным и прочным основанием для настила наплавляемых рулонных гидроизоляционных материалов.

Рабочий процесс организуется непосредственно на строительной площадке с выделением рабочей зоны (РЗ) и участка приемки и подготовки материалов (УПП).

На участке приёмки и подготовки материалов происходит заготовка материала, который планируется к выработке за 1 смену, а также подготовка пневмонагнетателя, разматывание шлангов и т.п.

В рабочей зоне параллельно с подготовкой пневмонагнетателя, происходит монтаж пароизоляции. После устройства пароизоляции в пневмонагнетатель загружается портландцемент, кварцевый песок, заполнитель, в качестве которого выступают вспененные гранулы полистирола (ПВГ), вода. Посредством шлангов жёсткая смесь подаётся к месту производства работ, укладывается согласно проекту кровельного покрытия и укрывается материалом от внешних воздействий. Следующим этапом производится раскладка армирующей сетки и устройство цементно-песчаной стяжки из жесткой смеси с затиркой поверхности. Одновременно выполняются плавные переходы примыканий, галтели под укладку гидроизоляции, осуществляется укрытие участков от внешних воздействий.

Результаты исследований

Для определения состава и последовательности технологических операций устройства и ремонта оснований кровельных покрытий использованы проектные конструктивные и организационно технологические решения. Декомпозиция на отдельные конструктивные элементы конструктивного решения основания кровельного покрытия с теплоизоляционным слоем из полистиролбетона позволила выполнить описание последовательности при производстве работ на строительной площадке и сформировать состав соответствующих технологических процессов и операций (табл. 1).

Упорядочение рабочих операций при строительстве и ремонте оснований плоских кровель выполнялось в следующей последовательности:

– моделирование строительных процессов с выделением организационно-технологической и функ-

Таблица 1.

Соответствие конструктивных элементов и технологических процессов устройства основания кровельного покрытия с теплоизоляционным слоем из полистиролбетона

<i>Конструктивные элементы</i>	<i>Технологические процессы и операции</i>
<p>I. Несущая конструкция 1. Базовое покрытие (монолитная железобетонная плита)</p> <p>II. Многослойная конструкция 2. Пароизоляция 3. Теплоизоляционный, уклонообразующий слой 3. Выравнивающий слой 4. Гидроизоляционный слой</p>	<p>I. Устройство несущей конструкции 1.1. Установка опалубки 1.2. Армирование плиты покрытия 1.3. Бетонирование плиты 1.4. Распалубка</p> <p>II. Устройство многослойной конструкции 2.1. Устройство пароизоляции 2.2. Устройство теплоизоляционного, уклонообразующего слоя 2.3. Устройство выравнивающего слоя 2.4. Устройство гидроизоляции</p>

циональной связи процессов устройства основания плоских кровель;

– разработка формализованных методов упорядочения технологических операций, входящих в состав технологических процессов устройства оснований плоских кровель и формирование на их базе организационно-технологических моделей;

– формализация наиболее важных параметров моделей, таких как удельные трудозатраты, количественный и квалификационный состав исполнителей технологических процессов и операций устройства и ремонта оснований плоских кровель.

Разработан упорядоченный перечень технологических процессов и операций устройства основания плоской кровли покрытия с указанием рабочих мест выполнения работ (таблица 2).

В результате технологического упорядочения этих операций сформирована организационно-технологическая последовательность устройства основания из полистиролбетона и кровельного покрытия (рис. 1).

Для каждой технологической операции введено значение времени ее выполнения t_{ijkn} , где i – номер технологического процесса,

j – номер технологической операции,

k – номер слоя, в котором находится операция,

n – индекс элемента последовательности (номер технологической операции по порядку ее следования).

Общая продолжительность последовательного выполнения работы T составляет: $T_1 = t_1 + t_2 + \dots + t_n = 24 + 194 + 24 = 242$; $T_2 = 24 + 62,2 + 118 + 39,5 + 26,5 = 270,2$ мин. При этом показатели продолжительности выполнения каждого технологического процес-

са устанавливаются с учетом выявления рациональной продолжительности операций и их максимального совмещения. Таким образом, общая продолжительность технологических операций может быть определена как значение t по следующей формуле:

$$t = t_n + \sum_{i=1}^{n-1} t_i - \mu_{iti}$$

где t – продолжительность выполнения всех операций;

t_n – продолжительность выполнения последней операции;

μ_i – коэффициент совмещения во времени i и $(i+1)$ операций, равный

$$\mu_i = \frac{t_{i+1}}{t_i},$$

где t_{i+1} – продолжительность выполнения $(i+1)$ операции, совмещаемой с i -й операцией;

t_i – продолжительность выполнения i -й операции.

$$\mu_1 = 194/24 = 8,08; \mu_2 = 24/194 = 0,12;$$

$$\mu_1 = 62,2/24 = 2,59; \mu_2 = 118/62,2 = 1,9; \mu_3 = 39,5/118 = 0,33; \mu_4 = 26,5/39,5 = 0,67;$$

$$t = 30 + 100 = 130 \text{ мин.}$$

Продолжительность выполнения устройства основания кровельного покрытия сокращается на 38% (с 210 до 130 мин) для кровельного покрытия площадью 100 кв.м при условии совмещения технологических операций. Выполненная фрагментация на слои вводится для оценки технологических операций, которые могут выполняться параллельно.

Таблица 2.

Технологические процессы и операции устройства конструкции плоской кровли

<i>Наименование технологического процесса (технологической операции)</i>	<i>Исполнители: кровельщики</i>	<i>Рабочее пространство процесса (операции)</i>	<i>Обозначение процесса (операции)</i>
1. Монтаж пароизоляции			I
1.1 Раскатка рулонов с нарезкой полотнищ	3 разр. –2	РЗ, УПП	У1
1.2 Склеивание полотнищ между собой	3 разр. –1	РЗ	У2
2.1 Подготовка пневмонагнетателя, материалов, (песок, цемент, вспененные шарики полистирола, вода), разматывание шлангов	3 разр. –1 2 разр. –1	УПП	У3
2.2 Укладка полусухой полистиролбетонной смеси с подачей смеси пневмонагнетателем, разравниванием его, установкой и снятием маячных реек, переноской шлангов в процессе работы и очисткой их от смеси	3 разр. –2	РЗ	У4
2.3 Укрытие участков захватки	2 разр. –1	РЗ	У5
3.1 Подготовка пневмонагнетателя, материалов, (песок, цемент, вода), разматывание шлангов	3 разр. –1 2 разр. –1	УПП	У6
3.2 Укладка арматурной сетки	3 разр. –1	РЗ	У7
3.3 Укладка жесткой (полусухой) цементно-песчаной смеси с подачей смеси пневмонагнетателем, разравниванием его, установкой и снятием маячных реек, переноской шлангов в процессе работы и очисткой их от смеси	3 разр. –1 3 разр. –1	РЗ	У8
3.4 Шлифовка поверхности затирочной машиной	3 разр. –1	РЗ	У9
3.5 Устройство цементных бортиков для плавного перехода рулонного ковра в местах примыканий к стенам, парапетам, лифтовым и вентиляционным шахтам	3 разр. –1	РЗ	У10
3.6 Укрытие участков захватки	2 разр. –1	РЗ	У11
IV. Устройство гидроизоляции			
4.1 Огрунтовка поверхности основания битумной мастикой	3 разр. –1	РЗ	У12
4.2 Наклейка рулонных материалов в 2 слоя методом подплавления мастичного слоя газопламенными горелками 10м2	3 разр. –1 4 разр. –1	РЗ	У13
4.3 Обделка свесов и примыканий	4 разр. –1	РЗ	У14

Примечания к таблице 2.2:

РЗ – рабочая зона; УПП – участок приемки и подготовки материалов.

Заключение и обсуждение

Область применения разработанной технологии распространяется на здания различного назначения: жилые, общественные и промышленные здания, спортивные объекты, крытые парковки, покрытия автозаправочных станций, террасные и другие покрытия.

Использование в практике организационно-технологического проектирования и строительства зда-

ний различного назначения плоских кровель с применением альтернативных технических решений, обеспечивающих требования по теплозащите зданий, обуславливает необходимость исследования и определения технологических параметров, необходимых для обоснованного выбора конкурентоспособных организационно-технологических решений, обеспечивающих сокращение трудоемкости, продолжитель-

	Наименование технологического процесса и технологической операции	t работы, мин													
		1			2			3			4				
		20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280
I	Устройство пароизоляции из полиэтиленовой пленки в один слой насухо. 100м ²	50													
1.1	Раскатка рулонов с нарезкой полотнищ														
1.2	Укладка полиэтиленовой пленки в один слой на плиты перекрытий с напуском полотен										аппгпл				
1.3	Разметка и нарезка профиля по месту														
II	Устройство теплоизоляционного, уклонообразующего слоя из полистиролбетона. 20 м ² ~100м ²														
2.1	Подготовка пневмагнетателя, материалов, (песок, цемент, вспененные шарики полистирола, вода), разматывание шлангов														
2.2	Укладка полусухой полистирол бетонной смеси с подачей смеси														
2.3	Укрытие участков захватки 100 м ²														
III	Устройство выравнивающего слоя														
3.1	Подготовка пневмагнетателя, материалов, (песок, цемент, вода), разматывание шлангов.														
3.2	Укладка арматурной сетки														
3.2.1	Связка стыков сеток														
3.3	Укладка полусухой цементно-песчаной смеси с подачей смеси пневмагнетателем, разравниванием его, установкой и снятием маячных реек, переноской шлангов в процессе работы и очисткой их от смеси														
3.4	Шлифовка поверхности затирочной машиной														
3.5	Устройство цементных бортиков для плавного перехода рулонного ковра в местах примыканий к стенам, парапетам, лифтовым и вентиляционным шахтам														
3.6	Укрытие участков захватки														
	Наименование технологического процесса и технологической операции	t работы, мин													
		20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	280	140
IV	Устройство гидроизоляции														
4.1	Огрунтовка поверхности основания битумной мастикой 10м ²														
4.2	Наклейка рулонных материалов в 2 слоя методом подплавления мастичного слоя газопламенными горелками 10м ²														

K1	K1	K1	K1	K1	K1	K1	K1	K1	K1	K1	K1	K1	K1	K1	K1				
K2	K2	K2																	
K3																			
K4																			
K5																			
K6																			

Рис. 1. Организационно-технологическая последовательность устройства кровельного покрытия

ности и стоимости производства работ на строительной площадке.

Формирование организационно-технологических моделей базируется на основе принципов экономии труда и времени, которые были предложены Ф. Тейлором ещё в конце XIX века, методов сетевого планирования, теории расписаний, теории графов, а также формальных методов экспертного оценивания, и использован в аналогичных исследованиях [15-17]. Такой подход обеспечивает рациональные способы организации рабо-

чего места, четкое распределение обязанностей между рабочими звена с учетом разделения труда и максимально возможное совмещение технологических операций.

Определение состава и последовательности технологических операций и процессов с последующим упорядочиванием их во времени и пространстве позволяет выявить резервы совершенствования и установить рациональные технологические параметры, как для новых, так и для усовершенствованных организационно-технологических решений.

Литература

1. Грабовый П.Г. Национальная стратегия внедрения энергоресурсов и экологически безопасных (зеленых) технологий и производств в строительство и ЖКХ / П.Г. Грабовый, Л.А. Манухина // Недвижимость: экономика, управление. - 2014. - № 1-2. - С. 6-8.
2. Король Е.А. Актуальные вопросы энергоэффективности зданий и сооружений, пути их решения // Вестник МГСУ. 2009. №3. С 3-10.
3. Король, О.А. Основные подходы и принципы формирования методики оценки эффективности энергосберегающих мероприятий в строительном производстве / О.А. Король // Научное обозрение. - 2015. - № 12. - С. 393-396.
4. Король, О.А. Исследования и наукоемкие разработки в области энергоэффективного строительного производства / О.А. Король // Строительные материалы. – 2015. – № 6. – С. 13-15.
5. Лапидус, А.А. Моделирование и оптимизация организационно-технологических решений при возведении энергоэффективных ограждающих конструкций в гражданском строительстве / А.А. Лапидус, А.А. Жунин // Вестник МГСУ. – 2016. – №5. – С. 59-71.
6. Тхо В.Д., Лам Т.В., Король Е.А., Булгаков Б.И., Александрова О.В., Ларсен О.А. Теплоизоляционные свойства ственных зданий // Строительство: Новые Технологии - Новое Оборудование. 2011. № 9. – с. 16-22.
10. Рахманов В. А. Резервы теплозащитных и прочностных свойств полистиролбетона и эффективности его применения в строительстве // Промышленное и гражданское строительство. 2017. №3. С. 67-72.
11. Носков А.С., Беляков В.А. Конструкции из полистиролбетона для строительства жилых зданий // Жилищное строительство. 2008. № 5. С. 24-25.
12. Король Е.А., Берлинова М.Н. Особенности расчета стеновых панелей с монолитной связью слоев на стадиях монтажа, транспортирования и эксплуатации // Вестник МГСУ. 2019. Vol 14(3). С 367-375
13. Korol E.A, Berlinova M. Calculation of multilayer enclosing structures with middle layer of polystyrene concrete // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 193. P. 3020. DOI: 10.1051/mateconf/201819303020
14. Король Е.А., Пугач Е.М., Харьков Ю.А. Влияние технологических факторов на формирование связи слоев многослойной ограждающей конструкции // Вестник МГСУ. 2014. № 3. С. 67–75.
15. Калужнюк, М. М. Структурная классификация элементов строительных процессов / М. М. Калужнюк,

- эффективных легких бетонов для трехслойных ограждающих покрытий зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2020. No 5. С.36-44.
7. Король Е. А. Трехслойные ограждающие железобетонные конструкции из легких бетонов и особенности их расчета. Москва: АСВ, 2001. 256 с.
 8. Korol Elena, Vu Dinh Tho, Nguyen Huy Hoang. Analysis of the effectiveness of thermal insulation of a multi-layer reinforced concrete slab using a layer of concrete with low thermal conductivity under the climatic conditions of Vietnam. MATEC Web of Conferences 251, 04026 (2018). 8p. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201825104026>.
 9. Рахманов В.А. Полистиролбетон - высокоэффективный материал для ограждающих конструкций жилых и обще-
Р. Н. Сандан // Вестник гражданских инженеров. – 2008. – №1(14). – С. 46-52.
 16. Король, Е.А. Организационно-технологическое моделирование процессов устройства кровельных покрытий с модульной системой озеленения / Е.А. Король, Н.С. Шушунова // Вестник МГСУ. - 2019. - Т. 14. -№ 2 (125). - С. 250-261.
 17. Korol E.A., Shushunova N.S., Mailyan A.L. Organizational and Technological Procuring of Roofing Devices with Greening Systems // International science and technology conference «FarEastCon-2019». OP Conference Series: Materials Science and Engineering –2020. - art. no. 032059. - V.753(3) DOI:<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/753/3/032059>