

УДК 624.05

А. В. ИХНО, А. В. КРУПЕНЧЕНКО, В. В. ТАРАН

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ УСТРОЙСТВА СИСТЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
«ТЕПЛЫХ ПОЛОВ» НА ОСНОВЕ НАГРЕВАТЕЛЬНОГО КАБЕЛЯ**

Аннотация. Работа посвящена проблеме повышения эффективности устройства электрических теплых полов путем выбора рациональных технологических решений. Приведены сравнительные характеристики различных систем. Определены факторы, влияющие на выбор системы «Теплого пола» и методики выбора рациональных организационно-технологических решений. На основании исследования технологической структуры и методов устройства электрических теплых полов выявлены основные способы монтажа системы «Теплого пола» на основе нагревательного кабеля. Проведены исследования по выбору производителя систем электрического теплого пола на основании определения «обобщенного» показателя $K_{об}$ с заданными критериями выбора и ранжированием их по значимости. Доказано снижение затрат электроэнергии при эксплуатации системы электрического «Теплого пола» за счет применения системы регулирования параметрами теплового режима. Произведен сопоставительный анализ стоимости потребления электроэнергии системой теплых полов в зависимости от наличия терморегулятора для всех групп потребителей. Проведено экономическое обоснование сокращения трудозатрат и снижение себестоимости устройства «Теплого пола» по рационально обоснованному методу. Получены технико-экономические показатели устройства «Теплого пола» по рационально обоснованному методу на типовой этаж здания санатория с площадью обогрева 40 м² при общей площади 80,6 м² устройства полов в санитарно-бытовых помещениях жилых номеров.

Ключевые слова: энергоэффективность, нагревательная секция, электрический кабель, тепловой режим, температурное расширение, стяжка, деформационный шов, критерии выбора, технико-экономические показатели.

В экономически развитых странах мира электроотопление занимает одно из ведущих мест среди систем создания микроклимата зданий. Наиболее широко применяемыми являются электрические кабельные системы отопления. Проектный выбор систем электроотопления здания зависит от структуры топливно-энергетического баланса страны, режима потребления электроэнергии, ее сравнительной стоимости с другими энергоносителями. Стоимость наших энергоносителей, современных систем и строительных материалов на уровне мировых цен позволяет уже сегодня примерять европейские методики экономического сопоставления проектных решений для дальнейшей их гармонизации либо адаптации.

Поток зарубежного оборудования, систем и технологий обеспечения микроклимата поставили перед специалистами и потребителями задачу выбора. Для оборудования и технологий предпочтение решено однозначно – в пользу известных мировых производителей. Гораздо сложнее обстоит дело с выбором систем, т. к. он должен быть обоснован экономически. Технологическое решение ограничивается инструкциями фирм-производителей с общими указаниями по монтажу.

Целью исследования является повышение эффективности устройства электрических теплых полов путем выбора рациональных технологических решений.

Задачи исследования сводятся к анализу конструктивных решений устройства электрического теплого пола с исследованием факторов, влияющих на выбор его типа. Обоснование эффективности применения различных типов электрических теплых полов путем сопоставительного анализа технико-экономических показателей на основании исследования технологической структуры.

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

Рынок тёплых полов набрал столь заметные обороты из-за увеличения установок в широком спектре коммерческих, промышленных и жилых зданий, благодаря высокой энергоэффективности этих систем, их комфортности для пользователя, а также вследствие устойчивого роста сектора инфраструктуры во всём мире [1, 2]. Расширение рынка напольного отопления обусловлено увеличением количества директив и правительственных постановлений, касающихся использования энергоэффективных технологий и решений в новых и реконструируемых зданиях и из-за растущей озабоченности в отношении энергоэффективности и состояния окружающей среды.

Произведен анализ существующих систем электрического теплого пола. Выделено две основные технологии устройства теплого пола под жесткое напольное покрытие – применение нагревательного кабеля и термоматов.

Классическая система «теплый пол» – это система напольного кабельного обогрева представляющая собой нарезанный на секции электрический нагревательный кабель, проложенный в массиве пола – под половым покрытием в бетонной стяжке. В полу же помещается датчик, контролирующий поддержание требуемой температуры. Классическая система «теплый пол» на основе нагревательного кабеля с укладкой в стяжку представлена на рисунке 1а.

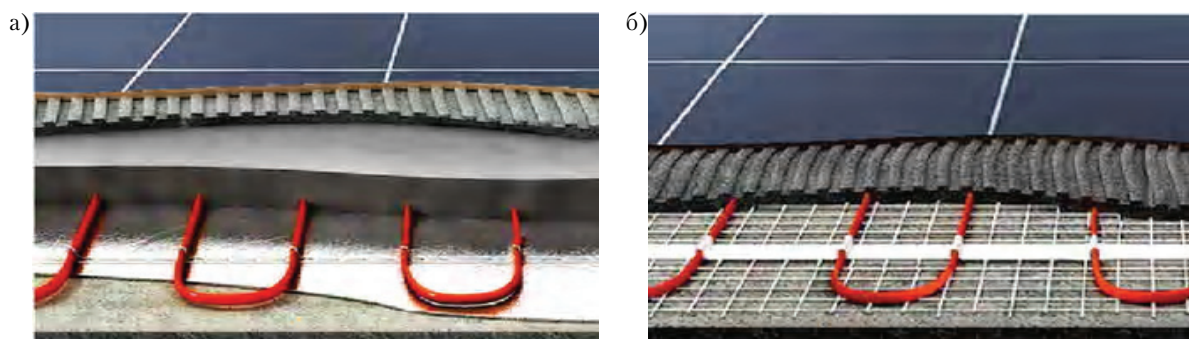


Рисунок 1 – Система «теплый пол»: а) классическая система «теплый пол» на основе нагревательного кабеля с укладкой в стяжку; б) система «тонкий теплый пол» на основе нагревательного мата с укладкой его без стяжки в плиточный клей.

Допустимые значения толщины стяжки над нагревательным кабелем зависят от назначения помещения [3]. Минимальная толщина стяжки из бетонной смеси бесшовного пола над нагревательным кабелем для жилых помещений составляет 30 мм, для административных помещений, классных комнат, врачебных кабинетов – 45 мм, выставочные залы, универмаги, мастерские – 55 мм. Минимальный срок затвердевания стяжки перед первым нагревом должен составлять не менее 28 суток. Для улучшения свойств стяжки теплого пола в цементно-песчаный раствор добавляется такой компонент, как пластификатор бетона. В результате увеличивается теплопроводность, уменьшается усадка греющей плиты и в целом это дает увеличение параметров прочности стяжки. Ассортимент пластифических добавок достаточно широк, среди них наиболее востребованными являются Sanprol, АрмМикс, суперпластификатор С-3, Rehau. В процессе работы стяжка теплого пола подвержена постоянным тепловым нагрузкам, для их компенсации и исключения растрескивания плиты добавляют еще один компонент – полипропиленовую или стекловолоконную фибру. Фибра для «теплого пола» имеет толщину 18...32 мкм и длину волокон от 6 до 40 мм. Применение фибры позволяет дополнительно армировать стяжку, увеличивая прочность и исключая вероятность появления трещин.

Система «Тонкий теплый пол» основана на применении термоматов (рис. 1б). Маты конструктивно представляют собой нагревательный кабель, закрепленный на крупноячеистой сетке. Толщина термомата от 2,8 до 8,0 мм, поэтому при установке этого вида теплого пола уровень пола поднимается незначительно. Термоматы монтируются на готовую стяжку непосредственно в плиточный клей. Для изготовления термоматов используется двухжильный экранированный кабель, что обеспечивает безопасность и удобство монтажа. Ширина теплого мата стандартная 0,5 м, длина в зависимости от площади составляет от 1 до 30 м. Как правило, теплый пол такого типа используется при реконструкции, когда нет возможности поднять уровень пола. Особенностью нагревательного мата

является отсутствие необходимости высчитывать шаг укладки кабеля и устраивать системы крепежа. Рулон просто раскатывается на подготовленной поверхности.

Определяющим фактором при выборе вида системы является расход электроэнергии при обогреве помещения. К факторам, влияющим на энергопотребление системы относятся: климатическая зона; объем помещения (площадь); тип пола; уровень теплоизоляции помещения; состояние теплового контура и уровень теплопотерь; назначение помещения; цель и период эксплуатации. Используется ли электрический пол в качестве основной или дополнительной системы отопления. Постоянно или периодически; степень восприятия тепла проживающими в помещении людьми. Согласно [4, 5], допустимая температура нагрева системы «теплый пол» колеблется в пределах от +26 до +35 °С. Погонная и удельная мощность назначается в зависимости от типа помещения. Для комфортного обогрева (дополнительное отопление) – это 100...150 Вт/м²; для основного обогрева – 160...200 Вт/м²; для холодных неотапливаемых помещений (балконы и лоджии) – 200...250 Вт/м².

Для определения стоимостного эффекта был проведен сопоставительный анализ стоимости электроэнергии, потребляемой системой «теплых полов» в зависимости от наличия терморегулятора. Расчет потребления электроэнергии (кВт-час/сут) произведен по удельной мощности системы (Вт/м²), заявленной производителем. Анализ результатов подтверждает необходимость управления системой теплого пола. Так, с наличием терморегулятора плата за потребление электроэнергией сокращается на 85 % для всех групп потребителей.

Важно, чтобы необходимая мощность была совместима с выбранным напольным покрытием, производители которого, как правило, указывают пороги допустимых температур. Плитка и керамогранит подходят как для основного, так и дополнительного отопления, т. е. совместимы с высокими мощностями – 150...220 Вт/м².

Мировые производители теплых полов представлены такими брендами, как: Devi (Дания), Ensto (Финляндия), Energy (Англия), Rehau, Hemstedt, Eltherm (Германия), Nexans (Норвегия), Ceil Hit (Испания), Calorique, Rauchem (Америка), Caleo, Unimat (Южная Корея). RATEY, Woks (Украина), Profi Therm (Польша) Fenix (Чехия) Veria (Дания). Теплые полы под брендом «Теплолюкс» выпускаются заводом «Специальные Системы и Технологии».

Предлагается методика выбора продукта путем введения так называемого «коэффициента важности» (k_i), характеризующего значимость того или иного параметра при выборе производителя нагревательного электрического кабеля. В данном исследовании критериями выбора производителя нагревательного кабеля при устройстве «теплого пола» приняты толщина кабеля, удельная мощность и стоимость с присвоением «коэффициента значимости» от 1 до 3. Обобщенный показатель « K_i » продукта, вычисляется по формуле:

$$K_i = \frac{T_{\min}}{T_i} k_T + \frac{c_{\min}}{c_i} k_C + \frac{P_{\min}}{P_i} k_P,$$

где k_T , k_C , k_P – соответственно «коэффициенты значимости» толщины кабеля, стоимости и удельной мощности;

T_{\min} – минимальная толщина кабеля, мм;

T_i – толщина кабеля рассматриваемого производителя, мм;

C_{\min} – минимальная стоимость, руб/м.п.;

C_i – стоимость кабеля рассматриваемого производителя, руб/ м.п.;

P_{\min} – допустимая минимальная удельная мощность кабеля, Вт/м²;

P_i – мощность кабеля рассматриваемого производителя, Вт/м²;

Путем суммирования «обобщенных показателей» (K_i) при различных вариантах ранжирования «коэффициента важности» определяется наиболее эффективный вариант. Для исследования выделено 8 мировых производителей, зарекомендовавших себя на рынке систем электрического «теплого пола». По совокупности характеристик выделен производитель Profi Therm (Польша).

Фиксация кабеля может осуществляться при помощи специальной ленты с крепежными элементами (рис. 2). Расстояние между крепежными язычками монтажной ленты кратно 2,5 см. Второй вариант – при помощи металлической сетки и креплением кабеля к ней с применением пластикового хомута (рис. 3). Наиболее рациональным выбором для помещений неправильной формы является система теплого пола, включающая кабель теплого пола для монтажа в комплекте с разобщающей мембраной. Разъединяющие мембраны представляют собой водонепроницаемый прокладочный материал, которые обеспечивают быстрый и простой способ монтажа нагревательных кабелей для

электрической системы подогрева пола под любой тип плитки (рис. 4). Мембрана обеспечивает контрольный слой между плиткой и подложкой.

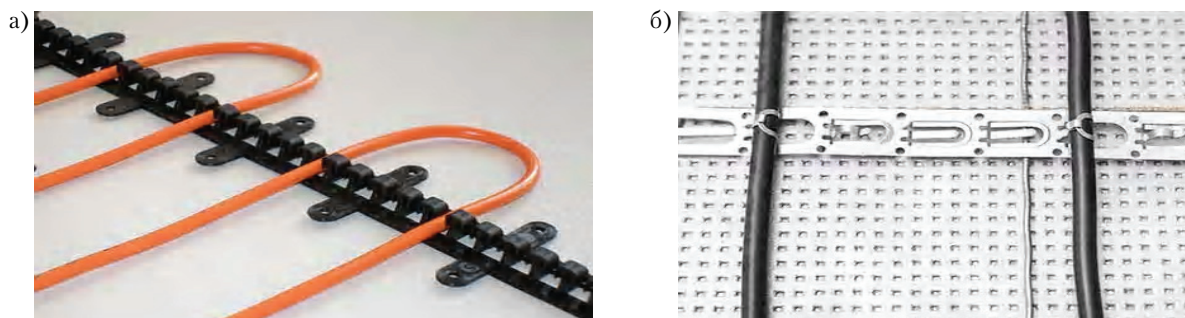


Рисунок 2 – Фиксация кабеля на основании при помощи монтажной полимерной (а) или металлической ленты (б).

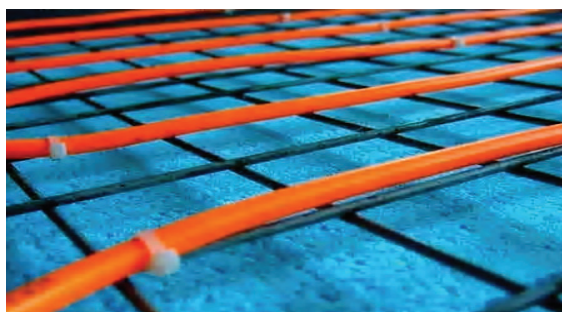


Рисунок 3 – Фиксация кабеля на основании при помощи металлической сетки.



Рисунок 4 – Фиксация кабеля с помощью разобщающей мембраны.

Шаг укладки кабеля рассчитывается по формуле: $(100 \times S) / L$, где S – площадь, на которую укладывается теплый пол, L – длина кабельной секции. Значения расчетного шага укладки нагревательного кабеля определяются с учетом глубины укладки кабеля от поверхности пола согласно таблице 2.1 [3] и составляют от 7,5 до 15,0 см.

На основании анализа технологической структуры и методов устройства систем «теплого пола» выполнено технико-экономическое обоснование устройства пола для санитарно-бытового назначения общей площадью 80,6 м², из которой 40 м² «теплого пола». Распределение затрат труда по основным процессам при устройстве пола с обогревом приведено на рисунках 5–6. Экономический эффект

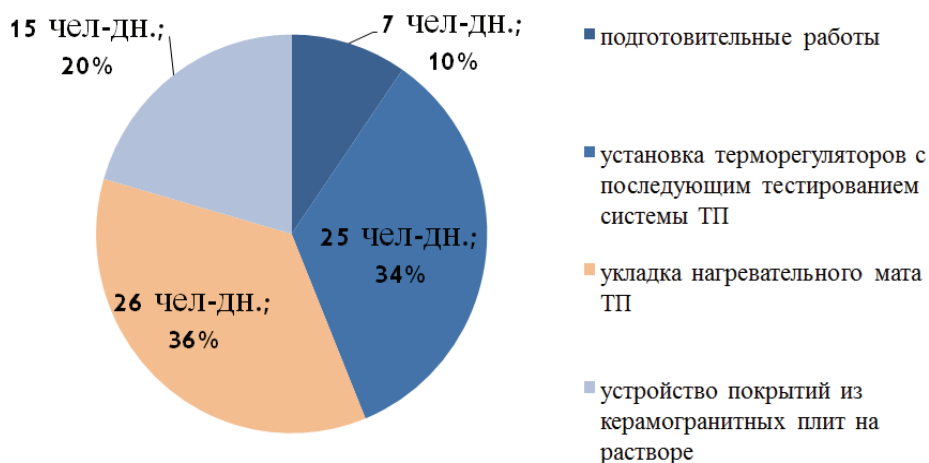


Рисунок 5 – Распределение трудозатрат при устройстве системы тонкого «теплого пола».

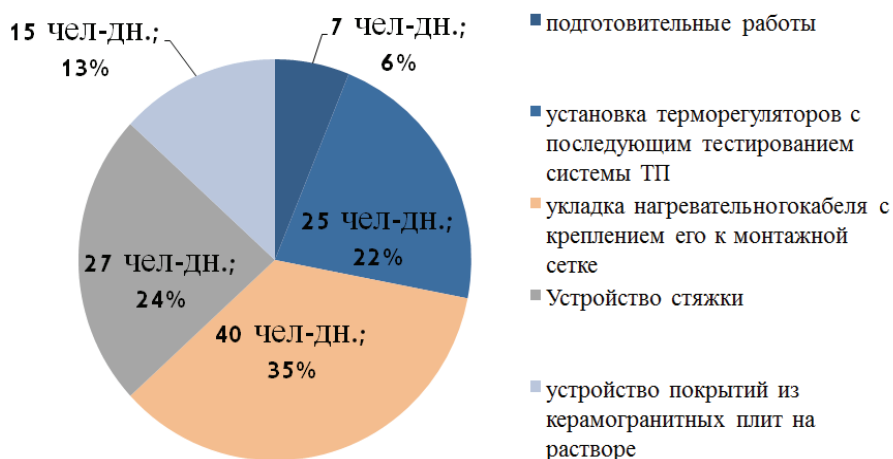


Рисунок 6 – Распределение трудозатрат при устройстве классической системы «теплого пола».

на основании сметных расчетов определен как разница приведенных затрат по вариантам и составил 100,693 тыс. руб. Применение нагревательного мата по системе «Тонкий теплый пол» предполагает сокращение трудозатрат на 20,7 % и сокращение себестоимости на 17,1 % по сравнению с применением технологии «Классического теплого пола» на основе нагревательного кабеля. Устройство теплого пола на основе нагревательного мата – трудоемкий процесс, так как связан с подключением и тестированием электрической системы с привлечением специалистов высших разрядов. Трудоемкость устройства пола по системе тонкий теплый пол составила 0,9 чел.-дн./м² и 1,41 по классической системе. Стоимость устройства 1 м² пола с обогревом по системе «тонкий теплый пол» составила 6 051,8 руб., по классической системе – 7 310,5 руб.

Продолжительность выполнения процесса устройства пола общей площадью 80,6 м² (40 м² с обогревом) по системе тонкий «теплый пол» составила 24 дня и 32,5 дня по классической системе при односменном режиме работ, без учета времени высыхания клеевой смеси (рис. 7).

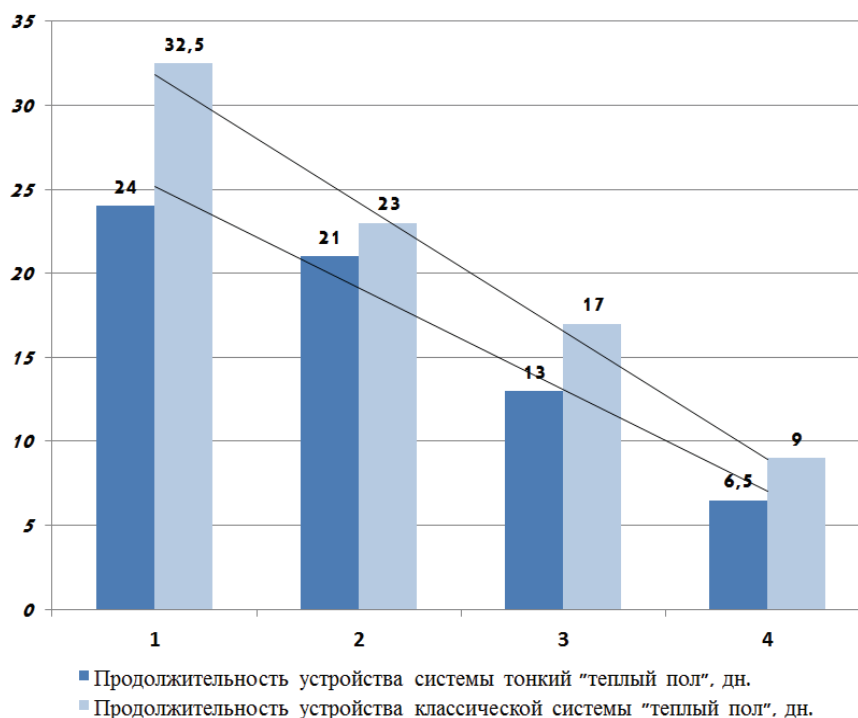


Рисунок 7 – Сокращения продолжительности устройства систем «теплого пола».

ВЫВОДЫ

Проводимые исследования показывают, что трудоемкость выполнения работ по устройству «теплого пола» во многом зависит от вида применяемого нагревательного элемента и сложности электромонтажных работ, связанных с его подключением и предэксплуатационным тестированием. Значительное снижение продолжительности устройства теплого пола более чем на 27 % достигается путем комплексной корректировки во-первых путем деления фронта работ на захватки и во вторых увеличением сменности работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пырков, В. В. Электрические кабельные системы отопления. Энергетическое сопоставление / В. В. Пырков. – Киев : ООО «Медиа-Макс», 2004. – 88 с. – Текст : непосредственный.
2. Богуславский, Л. Д. Энергосбережение в системах теплоснабжения и кондиционирования воздуха : справочное пособие / Л. Д. Богуславский, В. И. Ливчак, В. П. Титова. – Москва : Стройиздат, 1990. – 624 с. – Текст : непосредственный.
3. ГСН В.2.5-24:2012. Электрическая кабельная система отопления : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Министерства регионального развития, строительства и жилищно-коммунального хозяйства Украины от 01.02.2012 г. № 40-ст : дата введения 2012-10-01. – Киев : Минрегионстрой Украины, 2012. – 100 с. – Текст : непосредственный.
4. ДСТУ Б ENISO 7730:2011. Эргономика тепловой среды. Аналитическое определение и интерпретация теплового комфорта на основе расчетов показателей PMV и PPD и критериев локального теплового комфорта : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Минрегиона Украины от 30.12.2011 г. № 458 и от 12.06.2012 г. № 300-ст : дата введения 2013-01-01. – Киев : Минрегион Украины, 2012. – 66 с. – Текст : непосредственный.
5. СНиП 2.04.05-91*. Отопление, вентиляция и кондиционирование : издание официальное : утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по строительству и инвестициям от 28.11.1991 г. ст : дата введения 1992-01-01. – Москва : ГУП ЦПП, 1977. – 72 с. – Текст : непосредственный.
6. ДБН В. 1.2-14:2018. Система обеспечения надежности и безопасности строительных объектов. Общие принципы обеспечения надежности и конструктивной безопасности зданий и сооружений : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Министерства регионального развития, строительства и жилищно-коммунального хозяйства Украины 02.08.2018 г. № 198-ст : дата введения 2019-01-01. – Киев : Минуглепром Украины, 2018. – 30 с. – Текст : непосредственный.
7. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика : издание официальное : утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по делам строительства от 21.07.1982 г. – ст : дата введения 1984-01-01. – Москва : Стройиздат, 1983. – 135 с. – Текст : непосредственный.
8. ДБН В.2.6-31:2016. Тепловая изоляция зданий : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Министерства регионального развития, строительства и жилищно-коммунального хозяйства Украины от 08.07.2016 г. № 220-ст : дата введения 2017-06-01. – Киев : Минрегион Украины, 2017. – 30 с. – Текст : непосредственный.
9. ДСТУ Б В.2.7-126:2011. Строительные материалы. Смеси строительные сухие и модифицированные. Общие технические условия : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Минрегионалстрою Украины от 27.05.2011 г. № 55-ст : дата введения 2011-01-06. – Киев : Минрегион Украины, 2011. – 37 с. – Текст : непосредственный.
10. ДСТУ-Н Б В.2.6-203:2015. Руководство по выполнению работ при изготовлении и монтаже строительных конструкций : издание официальное : утверждены и введены в действие приказом Минрегиона Украины от 03.09.2015 г. № 215-ст : дата введения 2016-04-01. – Киев : Минрегион Украины, 2016. – 96 с. – Текст : непосредственный.
11. Указания по технологии ремонтно-строительного производства и технологические карты на работы при капитальном ремонте жилых домов / под редакцией С. Д. Химунина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ленинград : Стройиздат, 1977. – 218 с. – Текст : непосредственный.

Получена 12.11.2021

Г. В. ІХНО, Г. В. КРУПЕНЧЕНКО, В. В. ТАРАН
ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ УЛАШТУВАННЯ СИСТЕМ ЕЛЕКТРИЧНОЇ
«ТЕПЛОЇ ПІДЛОГИ» НА ОСНОВІ НАГРІВАЛЬНОГО КАБЕЛЯ
ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Робота присвячена проблемі підвищення ефективності улаштування електричної теплої підлоги шляхом вибору раціональних технологічних рішень. Наведено порівняльні характеристики різних систем. Визначено фактори, що впливають на вибір системи «Теплої підлоги» та методики вибору раціональних організаційно-технологічних рішень. На підставі дослідження технологічної структури та методів влаштування електричної теплої підлоги виявлено основні способи монтажу системи «Теплої підлоги» на основі нагрівального кабелю. Проведено дослідження щодо вибору

виробника систем електричної теплої підлоги на підставі визначення «узагальненого» показника « $K_{уз}$ » із заданими критеріями вибору та ранжуванням їх за значимістю. Доведено зниження витрат електроенергії під час експлуатації системи електричної «теплої підлоги» за рахунок застосування системи регулювання параметрами теплового режиму. Проведено порівняльний аналіз вартості споживання електроенергії системою теплої підлоги залежно від наявності терморегулятора для всіх груп споживачів. Проведено економічне обґрунтування скорочення трудовитрат та зниження собівартості пристрою «Теплої підлоги» за раціонально обґрунтованим методом. Отримано техніко-економічні показники влаштування «Теплої підлоги» за раціонально обґрунтованим методом на типовий поверх будівлі санаторію з площею обігріву 40 м² при загальній площі 80,6 м² влаштування підлог у санітарно-побутових приміщеннях житлових номерів.

Ключові слова: енергоефективність, нагрівальна секція, електричний кабель, тепловий режим, температурне розширення, стяжка, деформаційний шов, критерії вибору, техніко-економічні показники.

ANNA IHNO, ANNA KRUPENCHENKO, VALENTINA TARAN
TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR THE INSTALLATION OF ELECTRIC
«UNDERFLOOR HEATING» SYSTEMS BASED ON A HEATING CABLE
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The work is devoted to improving the efficiency of electric floor heating by choosing rational technological solutions. Comparative characteristics of various systems are presented. The factors influencing the choice of the «Underfloor Heating» system and the methods of choosing rational organizational and technological solutions have been determined. On the basis of the study of the technological structure and methods of electric underfloor heating, the main methods of installing the «Underfloor Heating» system based on a heating cable have been identified. Research has been carried out on the choice of a manufacturer of electric underfloor heating systems based on the definition of the «generalized» indicator « K_{gen} » with the given selection criteria and their ranking according to their importance. Reduction of electricity consumption during the operation of the electric «Underfloor Heating» system due to the use of a system for regulating the parameters of the thermal regime has been proved. A comparative analysis of the cost of electricity consumption by the under floor heating system, depending on the presence of a thermostat for all groups of consumers, has been carried out. The economic justification of the reduction of labor costs and the reduction of the cost of the «Underfloor Heating» device according to a rationally justified method has been carried out. The technical and economic indicators of the «Underfloor Heating» device were obtained according to a rationally substantiated method for a typical floor of a sanatorium building with a heating area of 40 m² with a total area of 80.6 m² of flooring in sanitary premises of residential rooms.

Key words: energy efficiency, heating section, electric cable, thermal conditions, thermal expansion, screed, expansion joint, selection criteria, technical and economic indicators.

Ихно Анна Владимировна – ассистент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование, монтаж, эксплуатация, техническая диагностика, оценка технического состояния, реконструкция и усиление строительных металлических конструкций, технология и организация работ при строительстве и реконструкции зданий и сооружений

Крупенченко Анна Викторовна – старший преподаватель кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: ремонт и реконструкция конструкций промышленных зданий.

Таран Валентина Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительства ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: повышение эффективности конструктивно-технологических решений при возведении монолитных каркасных гражданских зданий, путем снижения энергоемкости, материалоемкости, трудоемкости и стоимости строительной продукции.

Ихно Ганна Володимирівна – ассистент кафедры технологии и организации строительства ДОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: проектирование, монтаж, эксплуатация, техническая диагностика, оценка технического stanu, реконструкция та усиление строительных металлических конструкций, технология та организация работ при строительстве та реконструкции зданий та споруд

Крупенченко Ганна Вікторівна – старший викладач кафедри технології і організації будівництва ДОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: ремонт і реконструкція конструкцій промислових будівель

Таран Валентина Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології і організації будівництва ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: підвищення ефективності конструктивно-технологічних рішень при зведенні монолітних каркасних цивільних будівель, шляхом зменшення енергомісткості, трудомісткості, матеріаломісткості і вартості будівельної продукції.

Ihno Anna – assistant, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: design, installation, operation, technical diagnostics, technical condition assessment, reconstruction and reinforcement of building metal structures, technology and organization of work during the construction and reconstruction of buildings and structures.

Krupenchenko Anna – Senior Lecturer, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: repair and reconstruction of structures of industrial buildings.

Taran Valentina – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Technology and Management in Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: improving the efficiency of structural and technological solutions in the construction of monolithic frame civil buildings, by reducing the energy intensity, material intensity, labour intensity and cost of construction products.