



Эффективность применения гибких поверхностных нагревательных элементов

А.К. Сысоев

Академия строительства и архитектуры ДГТУ (г. Ростов-на-Дону)

Аннотация: В статье предложено применять гибкие поверхностные нагревательные элементы ТЭмы в различных отраслях народного хозяйства: при обогреве различных материалов и изделий, прогреве бетона в зимнее время, термообработке кровли при ее ремонте, а также обеззараживание грунта в теплицах и оранжереях. Установлены оптимальные и экономически целесообразные режимы применения ТЭмов. Показаны практические области применения нагревательных элементов.

Ключевые слова: Гибкие поверхностные нагревательные элементы, обогрев различных материалов, прогрев бетона, термообработка кровель, обеззараживание грунта.

Цель проводимой работы – определение наиболее экономически выходных областей и режимов применения гибких поверхностных нагревательных элементов конструкции РНИИ АКХ при их применении в различных отраслях народного хозяйства.

В Ростовском научно-исследовательском институте Академии коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова разработаны конструкции нагревательных элементов Тэмов[1-6], которые благодаря применению интересных и термостойких материалов можно применять как для прогрева бетона, термообработки кровли, так и прогреве растительного слоя грунта. При этом по своим показателям они более эффективны, чем ранее разработанные ТЭмы РНИИ АКХ им. К.Д. Памфилова [ТУ 67-879-87 Мат термоэлектрический. Технические условия, 7].

Гибкие нагревательные элементы могут быть классифицированы на три группы: по виду греющего элемента, по назначению, по виду применяемой оболочки вокруг нагревательного элемента (рис.1).

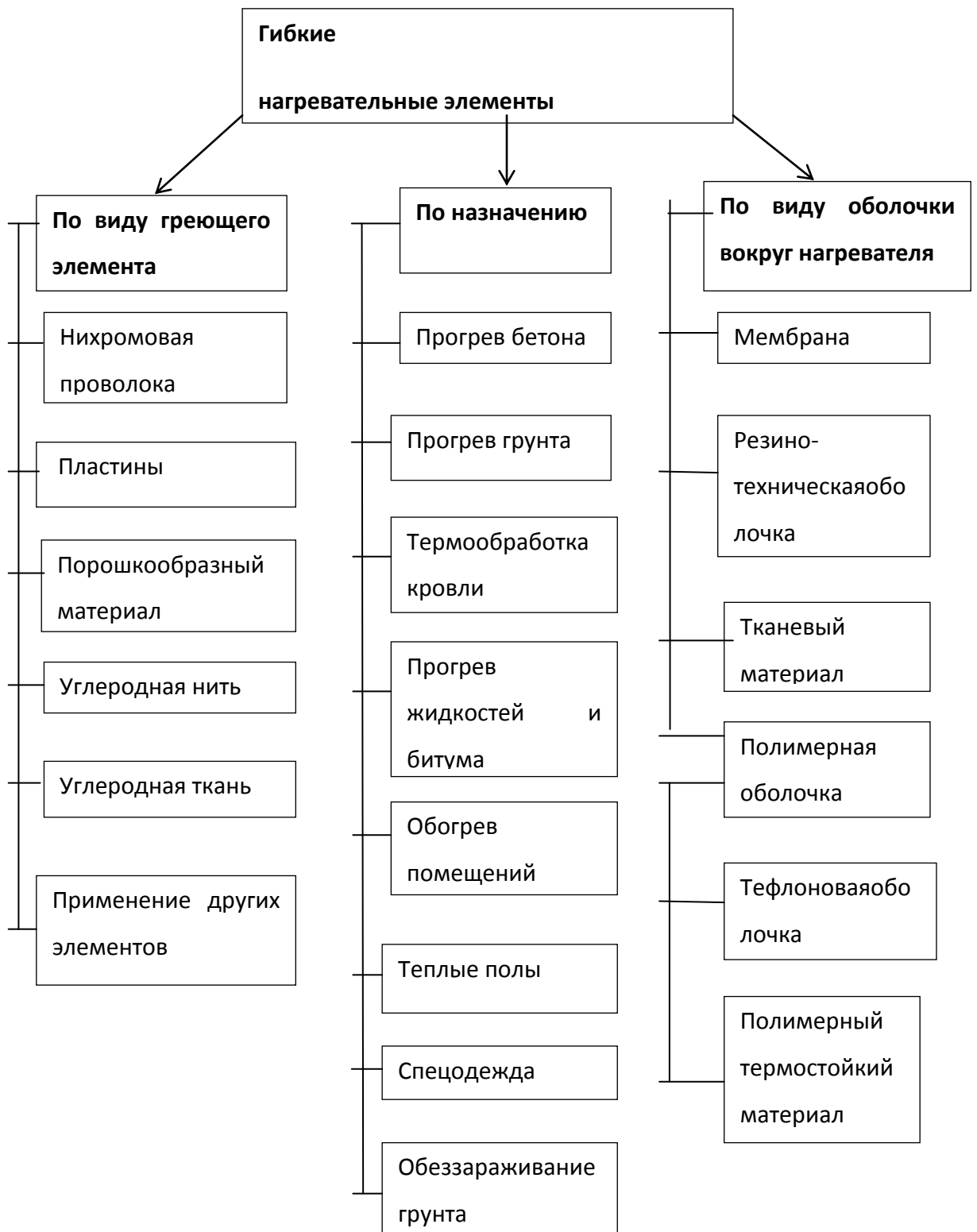


Рис. 1. - Классификация гибких нагревательных элементов

Объемы фактического применения гибких нагревательных элементов представлены на рис.2

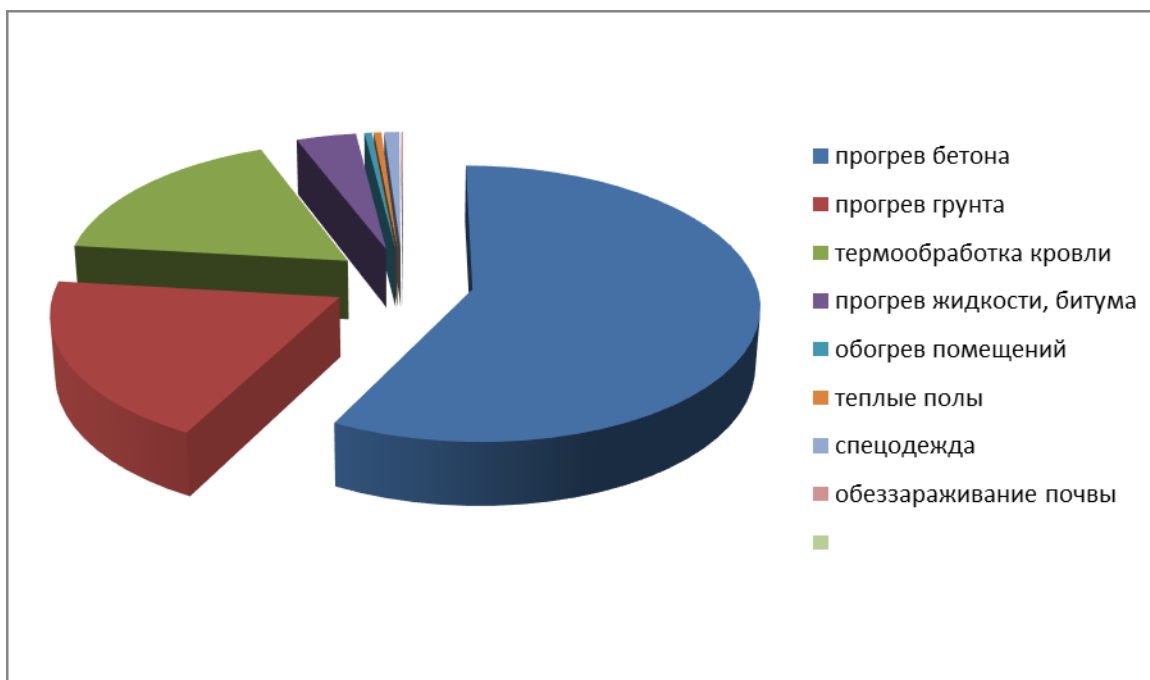


Рис. 2. - Фактическое применение гибких нагревательных конструкций

Термоэлектрические маты (ТЭмы) успешно применяются при прогреве бетона, каменной кладки мерзлого грунта, укрытия и обогрева на открытых площадках материалов, механизмов, грузовых контейнеров и другого оборудования в зимних условиях.

Термоэлектрический мат (ТЭМ) конструкции РНИИ АКХ[1,4,5,6] – гибкое обогревательное устройство в виде греющего одеяла, состоящее из внешней оболочки с теплоизоляционным слоем и изолированного нагревательного элемента. Внешняя оболочка ТЭМ выполняется из синтетических термостойких материалов. Нагревательный элемент изготавливается из углеродной ткани с наружной оболочкой, изготовленной из термостойкой пленки [1].

ТЭмы можно применять для тепловой обработки бетона при изготовлении сборных бетонных и железобетонных конструкций и изделий. Подлежащие



обогреву конструкции и изделия или оборудование укрывают ТЭМами и поддерживают заданный температурно-влажностный режим. Для нагрева и регулирования работы ТЭМов используются понижающие трансформаторы различной мощности.

Обогрев бетона может осуществляться по различным тепловым режимам (форсированным либо мягким). При этом следует отметить, что в случае использования прогрева по форсированному режиму зачастую приводит к появлению различных дефектов на поверхности бетона (в том числе появления шелушения, трещин и других дефектов).

При форсированном режиме нагреве температура воздушной прослойкой поднимается до 45°C , выдерживается в течение 8-10 часов, после снижается со скоростью $5-8^{\circ}\text{C}/\text{час}$. Мягкий режим обогрева обеспечивает получение бетона наиболее высокого качества при минимальном расходе цемента. В зависимости от состава укладываемой бетонной смеси и температуры под матами, необходимая прочность бетона на сжатие получается до 20-25% проектной прочности через одни сутки, 40 - 50% через 2-3 суток и 70-75% - через 3-5 суток.

Под ТЭМами создаются нормальные температурно-влажностные условия для твердения бетона, благодаря чему, кроме снижения стоимости производства работ, достигается экономия цемента до 20%. При использовании гибких нагревательных элементов ГПЭН при производстве бетонирования в зимнее время [3] следует также учесть также работы, где рассмотрено влияние различных добавок на структурообразование бетонов [11-12, 21]. Нами было установлено, что наиболее эффективно с точки зрения экономии, так и снижения отрицательных эффектов при структурообразовании [14] при обработке Тэмами следует применять различные добавки (суперпластификаторы, противоморозные добавки и другие) в небольших количествах. Было проведено изучение влияние таких



добавок на свойства прогреваемого термоматами бетона. Даже их небольшое количество позволяет снизить такие отрицательные свойства как шелушение и трещиностойкость и одновременно снизить пористость и водопоглощение бетона. При использовании суперпластификаторов имеется значительный рост прочности в начальные сроки тепловой обработки (см. табл.1). При этом при введение суперпластификаторов в небольших количествах имеем следующие положительные эффекты:

- сокращение ТВО на 2-4 часа;
- снижение температуры прогрева на 10-15⁰С;
- снижение расхода цемента при ОК=5 см на 5-7%

Таблица №1

Влияние суперпластификаторов на свойства бетонов*

Бетон	Расходы материалы, кг/м ³				В/Ц	ОК, см	Rсж, МПа	W
	Ц	П	Щ	В				
Без добавки	365	690	1140	197	0,54	5	33	W4
С -3(0,4%)	365	690	1140	170	0,48	5.5	37	W6
Хидетал-П-5 (0,4%)	365	690	1140	161	0,44	6	48	W6
Полипласт-Люкс (0,4%)	365	690	1140	164	0,45	6	43	W6

- Примечание - Цемент ПЦ 500 Д0 Новороссийского завода ГОСТ 10178-85; Песок Мкр=2,0 ГОСТ 8736-85; Щебень – гранитный, фр. 5-20 ГОСТ 8267-93; Вода ГОСТ 2372 -79.

При использовании гибких нагревательных элементов Жолобовым А.Л. [8-9] было установлено, что при термообработке при ремонте мягкой рулонной кровли наибольшую эффективность от их применения достигается при комбинированном их применении при ремонте – термообработке с дополнительным нанесением дополнительного слоя (битумной эмульсии или



дополнительного слоя из рулонного материала). Это весьма и наиболее эффективно при износе кровельного покрытия более 50 - 70%. Для выбора и оптимизации выбора технологии ремонта им разработана специальная методика оптимизации выбора ремонта мягкой рулонной кровли [10]. С помощью гибких нагревательных элементов [1, 2] отремонтировано более 3000000 м² мягкой рулонной кровли.

Отогрев промерзшего грунта также может производиться матами конструкции РНИИ АКХ, уложенными непосредственно на грунт с поддержанием температуры под нагревателем до 60-80⁰С. Промерзший грунт оттаивается на глубину 30 см в течение 8 – 30 часов.

С помощью Тэмов можно также отогревать опалубку, арматуру, промерзший грунт и другие места перед укладкой строительных растворов и бетонов.

В постановлении Правительства РФ от 4 августа 2015 г. № 785 принято решение по импорт замещению и расширению производства продукции строительного назначения. Однако следует отметить, что ряд научных разработок в строительстве также может найти применение в других отраслях народного хозяйства.

В результате проведенных работ в Ростовском научно-исследовательском институте коммунального хозяйства им. К.Д. Памфилова было предложено применять для обеззараживания почвы гибкие переносные конструкции (ТЭмы), элемент которых, работая в заданном режиме, обеспечивает нагрев почвы до температуры 65- 90⁰С на глубине до 30 см. Тэмы могут использоваться также для обеззараживания компостных смесей и почв на стеллажах.

В области растениеводства защищенного грунта вопрос стерилизации растительного слоя грунта является актуальным при выращивании в нем цветочных и овощных культур[14-15].



Распространённые методы и способы обеззараживания почвы в теплицах по основным определяющим параметрам [16-20] представлены в табл.2. Следует отметить, что при анализе применения тех или иных методов и способов обеззараживания имеются как определенные преимущества, так и недостатки.

Рассматривая только два основных направления в существующих способах - использование электрического тока промышленной частоты для обеззараживания культивационных сооружений – глубинный электродный и поверхностный элементный, отметим следующее.

Поверхностный способ заключается в том, что прогрев почвы осуществляется за счет теплового потока от электронагревательного элемента. При этом нагрев почвы идет за счет кондуктивной и радиационной теплопроводности, т.е. почти не зависит от ее влагосодержания.

Таблица № 2

Способы и методы обеззараживания почвы

Способ обеззараживания почвы	Способ уничтожения вредителей	Вид передачи тепла	Конструктивное исполнение обеззараживателей
Химический Энергетический Биологический Физико-химический	Электромагнитный Электромагнитный Термический Механический Комбинированный	Электрический Водяной Паровой Газовый Комбинированный	Электродный мобильный метод и стационарный; Стационарный метод с использованием труб обогрева; Мобильный метод и стационарный с подачей пара под почву; Стационарный с подачей пара на поверхность почвы; Переносной с нагревом поверхности почвы.

При этом, спустя 4-5 часов температура почвы на глубине растительного



слоя до 25 см достигает в среднем 70°C и держится на этом уровне в течение 2 -3 ч после отключения электропитания.

Анализ наиболее эффективного применения поверхностных нагревателей представлен в табл. 3.

Таблица № 3

Оптимальный режим применения нагревателей

№п/п	Область применения	Температурный режим применения	Срок эксплуатации нагревателя	Оптимальный режим применения
1	Термообработка кровельного покрытия по технологии [1,2]	Работав диапазоне + 180-220 $^{\circ}\text{C}$	1000-3000 м ² /нагреватель	При фактическом износе кровельного ковра >50% нанесение дополнительного защитного покрытия
2	Прогрев бетона при низких температурах [3]	При работе с температурой окружающей среды от -5 до -40 $^{\circ}\text{C}$	1- 5лет	При комбинированном применении (прогреве, а также использовании суперпластификаторов, противоморозных добавок при их минимальном расходе)
3	Обеззараживание грунта в теплицах и оранжереях [16]	Температурный режим воздействия на грунт от +60 до +70 $^{\circ}\text{C}$	1- 5лет	При комбинированном воздействии (прогреве и других средств обработки)

Выводы

1. Оптимальное и эффективное применение нагревателей при ремонте мягкой кровли при износе покрытия более 50% заключается в комбинированном использовании термообработки и нанесении дополнительного защитного слоя материала.
2. Наиболее эффективно применять гибкие нагревательные элементы при тепловой обработке в зимнее время при их использовании вместе с



суперпластификаторами или иными добавками, изменяющие процессы структурообразования в необходимом направлении.

3. Оптимальный режим нагрева для стерилизации почвы в оранжереях и теплицах путем прогрева ее до температур 65 -75⁰С на глубине 25-30 см в течение 5-6 часов.

4. Прогрев Тэмами полностью уничтожает патогенную микрофлору, вредителей и возбудителей заболеваний, цветочных об овощных растений, разлагает ядохимикаты до нетоксичных химикатов и угнетает рост сорняков.

5. Наиболее эффективно применять термоэлектрические маты совместно с дополнительными методами борьбы с возбудителями заболеваний, находящимися в грунте.

Литература

1. Пат. 2158810 Российская Федерация, E04D15/06, H05B3/36. Термоэлектрический мат для разогрева водоизоляционного ковра при ремонте и устройстве рулонных и мастичных кровель/ Жолобов А.Л. Заявлено 09.01.1998; Оpubл.10.11.2000.

2. Пат. 2085675 Российская Федерация, E04D 5/02. Способ восстановления водонепроницаемости гидроизоляционного покрытия строительных конструкций/ Жолобов А.Л. Заявлено 11.02.1993; Оpubл.27.07.1997.

3. Пат. 2250206 Российская Федерация, C04B 40/02. Способ электропрогрева бетона в зимних условиях/ Сысоев А.К., Гордеев-Гавриков В.К., Сысоева Н.А. Заявлено 25.08.2003; Оpubл. 20.04.2005.

4. Пат.2304368 Российская федерация, H04B3/36. Термоэлектрический мат/ Сысоев А.К., Сысоева Н.А., Какурин П.Л. Заявлено 12.05.2005; Оpubл. 10.08.2007.

5. Пат.на полезную модель 51059 Российская Федерация, E04D 15/06, H05B 3/34. Термоэлектрический мат/ Сысоев А.К., Какурин П.Л. Заявлено 25.08.2005; Оpubл. 27.01.2006.



6. Пат. 2289891 Российская Федерация, H05B3/34, E04B15/05. Термоэлектрический мат/ Сысоев А.К., Сысоева Н.А., Сысоева Ю.А. Заявлено 19.05.2005; Опубл. 20.12.2006.
 7. Аханов В.С. Электротермия в технологии бетона. – Махачкала: Дагестанское книжное издательство, 1971. 243с.
 8. Жолобов А.Л. Совершенствование технологии ремонта кровель из битумных рулонных материалов: Диссертация на соискание ученой степени к.т.н.: 05.23.08. РГСУ. – г. Ростов- на-Дону, 1995. 146с.
 9. Жолобов А.Л. Формирование конкурентоспособных многокритериально оптимизированных технологических решений по ремонту многослойных кровель зданий: Диссертация на соискание ученой степени д.т.н.: 05.23.08. РГСУ. -г. Ростов - на-Дону, 2007. 320с.
 10. Жолобов А.Л., Жолобова Е.А. Комплексная оценка конкурентоспособности строительных технологий // Инженерный вестник Дона, 2013, №2 URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1705/.
 11. Yilmaz U.S., Turken H. The effect of various curing materialson the compressive strength characteristic chemical admixtures //Scientia Iranica 2012 Vol.№1 pp.77-85.
 12. Kishar E.A., Ahmed D.A., Mohammed M.R. NouryR Effect of calcium chloride on the hydration characteristics of the ground clay bricks cement pastes// Beni –Suef University Journal of Basic and Appled sciences. 2013 Vol. No. 2 pp. 20-252.
 13. Сысоев А.К. Технология зимнего бетонирования с помощью гибких нагревательных элементов// Инженерный вестник Дона, 2013, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2161/.
 14. Микаелян Г.А., Нурметов Р.Дж. Основы оптимального проектирование производственных процессов в овощеводстве. - М.: ФГНУ «Росиформагротех», 2005. -640с.
-



15. Каболоев Т.Х. Энергетические режимы и технические средства обеззараживания почвы в защищенном грунте: Диссертация на соискание ученой степени д.т.н.: 05.20.02, 05.20.01 Горский государственный аграрный университет. -Владикавказ, 2005. -389 с.
16. Авт. свид. 1664181 СССР, А01, G11/00.Способ обеззараживания почвы в теплицах / Усманов Х.Р., Бакиев А.Б., Насыров С.Х., Рахимов Э.С., Нарходжаев Р.К. Заявлено 31.03.88; Оpubл. 23.07.91. Бюл. №27(71).
17. Авт. свид. 927193 СССР, А01G11/00, А 61 L 2/06, А 61 L2/20. Способ дезинфекции почвы/ Ефремов Е.Н., Лебедев Ю.В. Заявлено 10.07.80; Оpubл.15.05.82 Бюл. №18
18. Авт. свид. 1519586 СССР, А01g11/00. Устройство для стерилизации почвы паром/ Королев А.Л., Липов Ю.Н., Доронин В.П., Балуев В.А., Бахмуров Р.М. Заявлено 04.01.88; Оpubл 07.11.89. бюл.№41
19. Пат. 2122784 Российская Федерация, А01G31/00. Способ биологического обеззараживания почвы галловой нематодой в защищенном грунте/ Фарниев А.Т., Бекузарова С.А., Цаболов П.Х., Герасименко М.В., Цаболова ЭП., Гусова Е.П. Заявлено 22.10.1997; Оpubл. 10.12.1998г.
20. Кочетков В.В., Чигалейчик А.Г., Петрикевич С.Б. Защита растений биопрепаратами в защищенном грунте// Химия в сельском хозяйстве. -1997.- №1, с.16-17.
21. Осипов А.М. Бетонирование при низких температурах// Инженерный вестник Дона, 2012, №4 URL: ivdon.ru. /ru/magazine/archive/n4p2y2012/1306/.

References

1. Pat. 2158810 Rossiyskaya Federatsiya, E04D15/06, N05V3/36.Termoelektricheskiy mat dlya razogreva vodoizolyatsionnogo kovra pri remonte i ustroystve rulonnykh i mastichnykh krovvel. [Thermoelectric Mat to heat



the waterproofing carpet in the repair and the device rolled and mastic roofs] Zholobov A.L. Zayavleno 0.9.0.1.1998; Opubl.10.11.2000.

2. Pat. 2085675 Rossiyskaya Federatsiya, E04D 5/02. Sposob vosstanovleniya vodonepronitsaemosti gidroizolyatsionnogo pokrytiya stroitel'nykh konstruktsiy. [Method of restoring the water tightness of waterproofing of building structures] Zholobov A.L. Zayavleno 11.02.1993; Opubl.27.07.1997.

3. Pat. 2250206 Rossiyskaya Federatsiya, S04V 40/02.Sposob elektroprogreva betona v zimnikh usloviyakh. [Electrical warming up of concrete in winter conditions]Sysoev A.K., Gordeev-Gavrikov V.K., Sysoeva N.A. Zayavleno 25.08.2003; Opubl. 20.04.2005.

4. Pat.2304368 Rossiyskayafederatsiya, N04V3/36. Termoelektricheskiy mat. [Thermoelectric Mat] Sysoev A.K., Sysoeva N.A., Kakurin P.L. Zayavleno 12.05.2005; Opubl.10.08.2007.

5. Pat. napoleznuyu model' 51059 Rossiyskaya Federatsiya, E04D 15/06, H05B 3/34. Termo elektricheskiy mat. [Thermoelectric Mat].Sysoev A.K., Kakurin P.L. Zayavleno 25.08. 2005; Opubl. 27.01.2006.

6. Pat. 2289891 Rossiyskaya Federatsiya, H05B3/34, E04B15/05.Termoelektricheskiy mat. [Thermoelectric Mat] Sysoev A.K., Sysoeva N.A., Sysoeva Yu.A. Zayavleno 19.05.2005; Opubl. 20.12.2006.

7. Akhanov V.S. Elektrotermiya v tekhnologiiibetona. [Electrothermics in concrete technology].Makhachkala: Dagestanskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1971.243p.

8. Zholobov A.L. Sovershenstvovanie tekhnologi i remonta krovel' iz bitumnykh rulonnykh materialov. [Improving the technology of repair of roofs with bitumen roll materials]: Dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni k.t.n.: 05.23.08. RGSU.RostovnaDonu, 1995. 146p.

9. Zholobov A.L. Formirovanie konkurentnosposobnykh mnogokriterial'no optimizirovannykh tekhnologicheskikh resheniy po remontu mnogoslownykh krovel' zdaniy. [The formations of a competitive multi-criteria optimized



technological solutions for repair of multilayer roofs of buildings]: Dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni d.t.n.: 05.23.08. RGSU. Rostov na Donu, 2007.320 p.

10. Zholobov A.L., Zholobova E.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2013/1705.

11. Yilmaz U.S., Turken H. The effect of various curing material son the compressive strength characteristic chemical admixtures. Scientia Iranica 2012 Vol.№1 pp77-85.

12. Kishar E.A., Ahmed D.A., Mohammed M.R. NouryR Effect of calcium chloride on the hydration characteristics of the ground clay bricks cement pastes. BeniSuef University Journal of Basic and Appled sciences. 2013Vol No2pp 20-252.

13. Sysoev A.K. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013.№4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2161.

14. Mikaelyan G.A., NurmetovR.Dzh. Osnovy optimal'nogo proektirovanie proizvodstvennykh protsessov v ovoshchevodstve. [Based on the optimal design of production processes in horticulture]. M.: FGNU «Rosiformagrotekh», 2005.640p.

15. KaboloevT.Kh. Energeticheskie rezhimy i tekhnicheskie sredstva obezzarazhivaniya pochvy v zashchishchennom grunte. [Energy regimes and technical means of decontamination of the soil in greenhouses]: Dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni d.t.n.: 05.20.02, 05.20.01 Gorskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet.Vladikavkaz, 2005.389 p.

16. Avt. svid. 1664181 SSSR, A01, G11/00.Sposobobezzarazhivaniyapochvy v teplitsakh. [Method of soil decontamination in greenhouses] UsmanovKh.R.,Bakiev A.B., NasyrovS.Kh., Rakhimov E.S., Narkhodzhaev R.K. Zayavleno 31.03.88; Opubl. 23.07.91. Byul.№27 (71).

17. Avt. svid. 927193 SSSR, A01G11/00, A 61 L 2/06, A 61 L2/20. Sposob dezinfektsii pochvy. [Method of disinfection of the soil] Efremov E.N., Lebedev Yu.V. Zayavleno 10.07.80; Opubl.15.05.82 Byul.№18



18. Avt. svid. 1519586 SSSR, A01g11/00.Ustroystvo dlya sterilizatsii pochvy parom. [Device for sterilization of soil by steam] Korolev A.L., LipovYu.N., Doronin V.P., Baluev V.A., Bakhmurov R.M. Zayavleno 04.01.88; Opubl 07.11.89. byul.№41
19. Pat. 2122784 Rossiyskaya Federatsiya, A01G31/00.Sposob biologicheskogo obezzarazhivaniya pochvy gallovoy nematodoy v zashchishchennom grunte. [Method of biological decontamination of soil rootknot nematode in greenhouses] Farniev A.T., Bekuzarova S.A., TsabolovP.Kh.,Gerasimenko M.V., Tsabolova EP., Gusova E.P. Zayavleno 22.10.1997; Opubl. 10.12.1998g.
20. Kochetkov V.V., Chigaleychik A.G., Petrikevich S.B. Khimiya v sel'skom khozyaystve.1997. №1, pp.16-17.
21. Osipov A.M. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2012. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p2y2012/1306/.