

УДК 697.975

*А.Л. НАУМОВ, канд. техн. наук, генеральный директор,
Д.В. КАПКО, инженер, ООО «НПО ТЕРМЭК» (Москва)*

Напольная система отопления и охлаждения общественных и жилых зданий

Изложены преимущества применения систем напольного отопления и охлаждения. Авторами разработан экспериментальный образец теплохолодоаккумулирующей системы напольного отопления и охлаждения, технические характеристики которого представлены в статье. Система имеет значительное отличие от современных аналогов: система напольного отопления и охлаждения включает два контура (аккумуляционный и малоинерционный) с возможностью циркуляции теплохолодоносителя между ними. Разработанная инновационная модель аккумуляционной системы позволила увеличить интенсивность теплохолодоотдачи от пола в помещение и интенсифицировать «зарядку» массива пола теплом или холодом в ночное время.

Ключевые слова: *напольное отопление, напольное охлаждение, аккумуляционный контур, малоинерционный контур, экспериментальный образец, энергоэффективность.*

Федеральным законом № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» предписано использование в качестве источников энергии вторичных энергетических ресурсов и возобновляемых источников энергии.

Возобновляемые источники энергии (грунт, воздух) являются низкопотенциальными. Оборудование, их использующее, имеет большой коэффициент полезного действия при совместной работе с низкотемпературными системами отопления (температура подачи 50–60°C) и высокотемпературными системами охлаждения (температура подачи 12–18°C). Примером данных систем являются системы напольного отопления и охлаждения.

Помимо повышения коэффициента полезного действия систем теплохолодоснабжения на базе возобновляемых источников энергии системы напольного отопления и охлаждения обладают двумя значительными энергосберегающими свойствами: свойством аккумуляции энергии и саморегулирования [1].

Помимо этих свойств системы лучистого отопления и охлаждения обладают рядом преимуществ:

- низкая подвижность воздуха в помещениях, отсутствие возгона пыли;
- равномерное распределение температуры как по площади, так и по высоте помещения;
- равномерное тепловое излучение по помещениям;
- система отопления и охлаждения воздуха решена одной системой, нет необходимости в устройстве местных отопительных (радиаторов) и охлаждающих (фанкойлов) приборов, занимающих значительные объемы помещений;
- данные системы бесшумны (в отличие от фанкойлов или сплит-систем);
- энергопотребление может быть снижено на 40–60% системами отопления и охлаждения при совместном при-

менении системы теплохолодоснабжения, использующей альтернативные источники энергии и системы напольного отопления и охлаждения.

В рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России 2007–2013 гг.» при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации выполнены исследования энергетических комплексов автономных потребителей с теплохолодоаккумулирующими системами кондиционирования микроклимата на базе низкопотенциальных источников (государственный контракт № 14.516.11.0059 от 21 июня 2013 г.).

Специалистами ООО «НПО ТЕРМЭК» поставлена следующая задача: создать комфортную энергосберегающую систему теплохолодоснабжения (ТХС) общественных и жилых зданий, ориентированную на возобновляемые низкопотенциальные энергетические источники и способную аккумулировать энергию в межпиковый период [2]. Предложена оригинальная система ТХС – напольная двухконтурная система из двух змеевиковых теплообменников, один из которых выполняет функцию аккумуляции (аккумуляционный контур), другой – функцию регулирования (малоинерционный контур). Контур соединены между собой циркуляционной линией с насосом, позволяющей в режиме разрядки аккумулятора «перекачивать» энергию из середины массива аккумуляционного пола к его поверхности.

В лабораторном помещении разработан и смонтирован экспериментальный образец ТХС. Для исключения теплохолодотерь экспериментальный образец ТХС теплоизолировался с наружной стороны экструдированным пенополистиролом толщиной 50 мм и мультифольгой толщиной 4 мм. *Первый контур змеевикового теплообменника – аккумуляционный* был изготовлен из трубопроводов из сшитого полиэтилена диаметром 20×2 мм и шагом уклад-

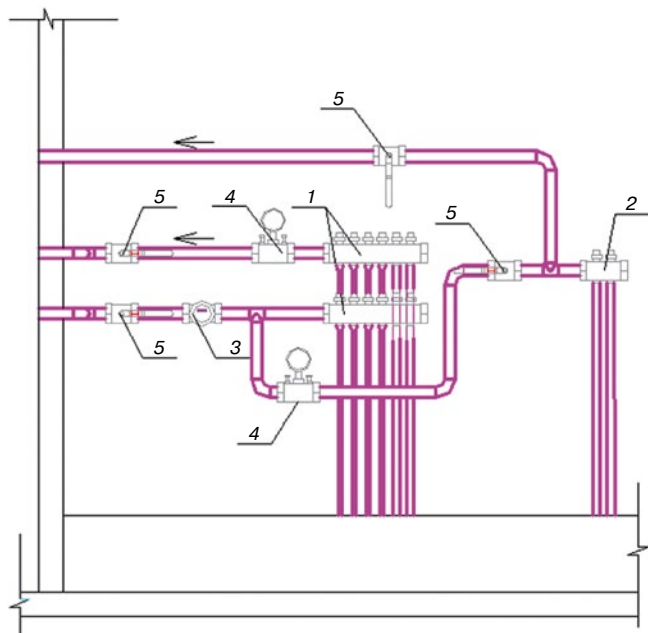


Рис. 1. Распределительный узел экспериментального образца ТХС: 1, 2 – распределительные коллекторы; 3 – расходомер; 4 – манометры; 5 – задвижки

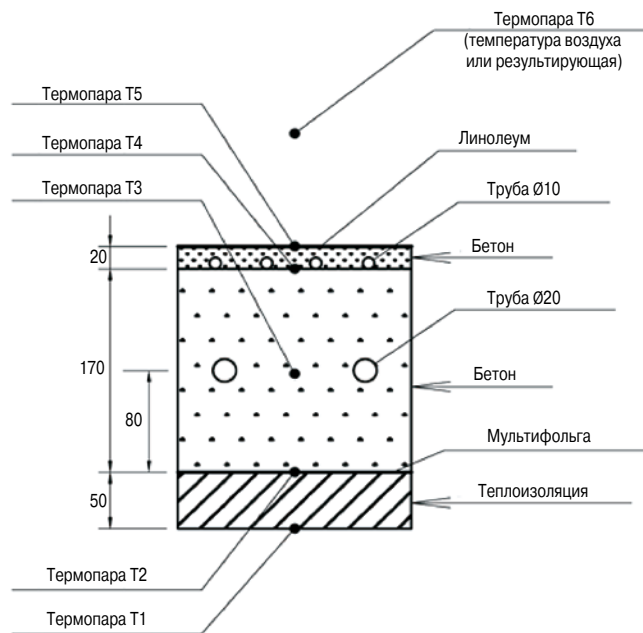


Рис. 2. Конструкция пола с устройством двух контуров: аккумуляционного и малоинерционного. Схема размещения термодатчиков Т1–Т6

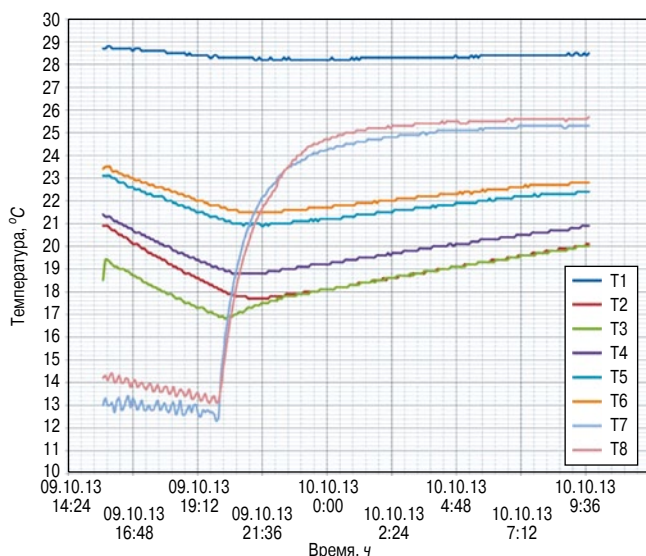


Рис. 3. Распределение температуры в массиве (режим 1)

ки 150 мм. Для уменьшения тепловых потерь в трубопроводах и равномерности теплоотдачи по площади аккумуляционный контур был разбит на два подконтра. Трубопроводы были расположены на расстоянии 90 мм от теплоизоляции посередине бетонного слоя общей толщиной 180 мм. Трубопроводы прикреплены к металлической сетке с помощью крепежной проволоки.

Второй контур змеевикового теплообменника – малоинерционный был изготовлен из трубопроводов из сшитого полиэтилена диаметром 9,9×1,1 мм и шагом укладки 100 мм. Для уменьшения тепловых потерь в трубопроводах и равномерности теплоотдачи по площади малоинерционный контур был разбит на четыре подконтра. Трубопроводы были прикреплены с помощью специальной панели для укладки сверху бетонного слоя общей толщиной 180 мм, сверху было залито еще 20 мм бетона. Для соблю-

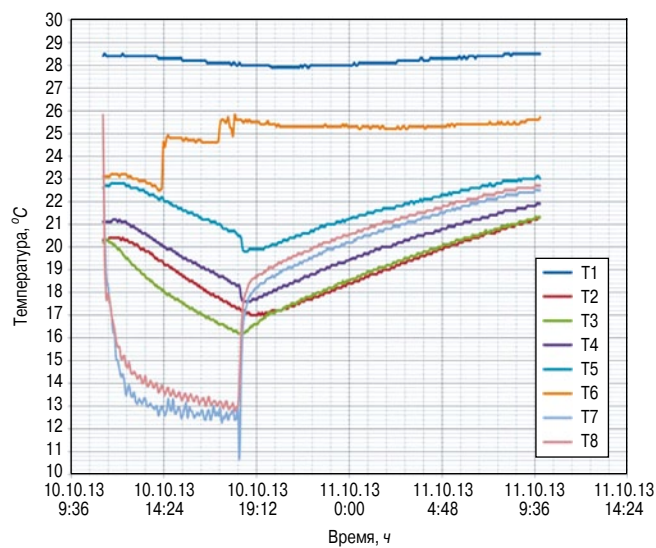


Рис. 4. Распределение температуры в массиве (режим 2)

дения эстетических характеристик экспериментальный образец был покрыт слоем линолеума.

Для распределения теплоносителя между аккумуляционным и малоинерционным змеевиковыми теплообменниками и возможности циркуляции по ним последовательно в экспериментальный образец ТХС были включены два подающих коллектора для каждого из контуров отдельно и один общий обратный. Принципиальная схема распределительного узла представлена на рис. 1.

Для исследования аккумуляционной способности ТХС в экспериментальный образец установлено шесть термодатчиков, фиксирующих распределение температуры в конструкции пола и изменение результирующей температуры воздуха в лабораторном помещении. На рис. 2 представлена конструкция пола экспериментального образца и расположение термодатчиков.

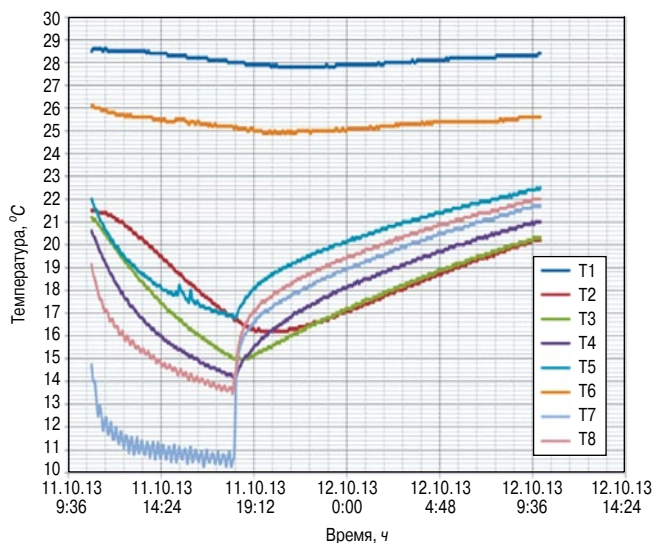


Рис. 5. Распределение температуры в массиве (режим 3)

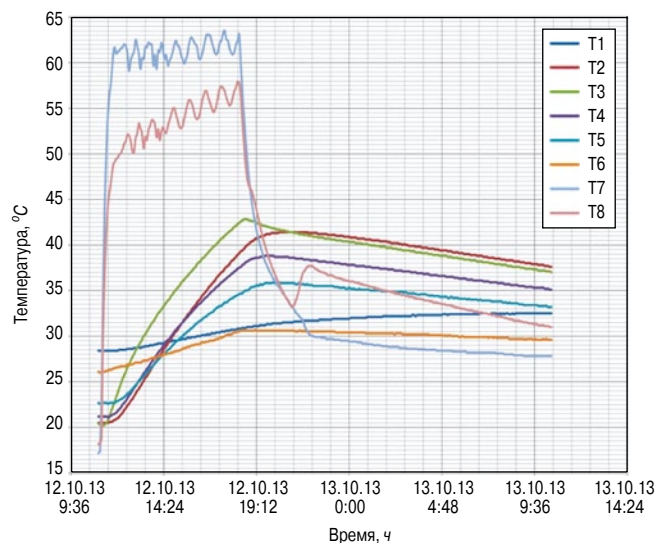


Рис. 6. Распределение температуры в массиве (режим 4)

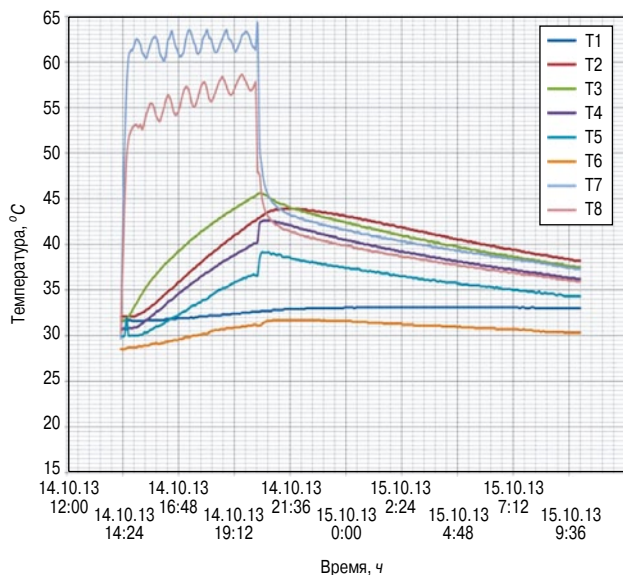


Рис. 7. Распределение температуры в массиве (режим 5)

Термопара Т1 установлена на границе плиты перекрытия и теплоизоляционного слоя. Вторая термопара установлена над теплоизоляционной мультифольгой под аккумулялирующим слоем бетона. Мультифольга представляет собой ячеисто-полиэтиленовую пленку толщиной 4 мм с фольгированным покрытием. Мультифольга обладает хорошим сопротивлением теплопередаче как воздушная прослойка и дополнительно подавляет лучистый теплообмен между слоями воздушной прослойки благодаря низкой степени приведенной степени черноты. Третья термопара была размещена на уровне металлической сетки, к которой был закреплен основной змеевиковый теплообменник условным диаметром 20 мм. Четвертая термопара была размещена под гофрированной поверхностью Minites, в которой был размещен малоинерционный змеевиковый теплообменник диаметром 10 мм. Пятая термопара была размещена на поверхности активного пола. Шестая термопара выполняла функцию шарового термометра Вернона-Йокла, она была размещена в центре латунного шара, покрытого мелкопористым черным поролоном.

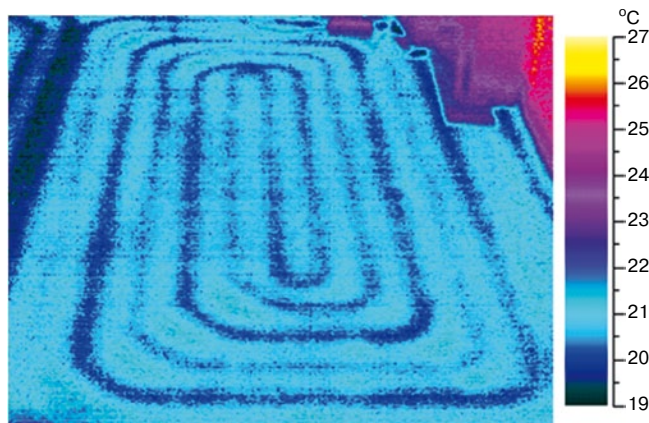


Рис. 8. Распределение температуры поверхности пола в режиме захлаживания малоинерционного контура

Показания шарового термометра интегрируют температуру воздуха (t_a) и температуру окружающих поверхностей (радиационную температуру – t_r):

$$t_{\text{шар}} = 0,57t_a + 0,43t_r.$$

Экспериментальные исследования включают пять режимов экспериментальных исследований, характеристики которых приведены в таблице.

Первый режим (стандартный) включал режим зарядки через аккумуляционный змеевиковый теплообменник в течение 6 ч, затем система холодоснабжения и основной циркуляционный насос отключались и проводились измерения в режиме разрядки 18 ч (рис. 3). Номера термопар Т1–Т6 для рис. 3–7 приведены на рис. 2. Термопара 7 соответствует температуре теплоносителя в подающем трубопроводе, термопара 8 – в обратном трубопроводе.

Второй режим включал режим зарядки аккумуляционного змеевикового теплообменника в течение 8 ч, и далее насос включался на циркуляцию между аккумуляционным и малоинерционным змеевиковыми теплообменниками (рис. 4).

Третий режим включал режим зарядки с использованием обоих змеевиковых теплообменников в течение 9 ч, по-

№ п/п	Параметры	Режимы №№				
		1	2	3	4	5
1	Режим охлаждения стандартный с охлаждением контура № 2	+				
	С циркуляцией		+			
	С охлаждением контуров № 1 и № 2 с циркуляцией			+		
2	Режим отопления стандартный				+	
	С циркуляцией					+
3	Рабочая среда					
	Расход м ³ /ч в режиме зарядки	0,54	0,537	0,6	0,582	0,6
	Температура на входе и выходе, °С	13/14	12,5/13,5	11/14,6	57/62	56/62
	Расход в режиме циркуляции, м ³ /ч	–	0,348	0,352	–	0,362
4	Продолжительность режимов					
	Зарядки	6	8	9	9	7
	Разрядки	18	16	15	15	15
5	Температура шарового термометра Вернона–Йокла	25,5	25	25,2	29,4	27,7
6	Средняя температура поверхностей помещения, °С	24,5	25	24,8	28	27,9
7	Средняя температура массива пола					
	В начальных условиях	19,5	21,5	21,2	21	23,5
	В конце режима зарядки	16,8	16,2	14,8	46	46
	В конце режима разрядки	20	21,2	20,4	35	36
8	Средний тепловой поток в режиме зарядки, Вт/м ²	34,8	34,6	155	338,4	310
9	Средний тепловой поток в режиме разрядки, Вт/м ²	14,8	34,2	38,1	24,2	65

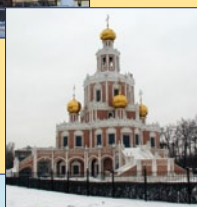
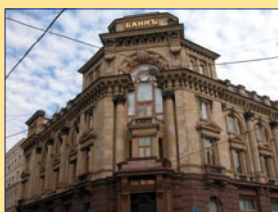
сле чего холодильная машина отключалась и наступал режим разрядки с циркуляцией холодоносителя между обеими теплообменниками в течение 15 ч (рис. 5).

Четвертый режим отопления включал разогрев ТХС в течение 9 ч прогревом аккумуляционного змеевикового контура и его разрядку в течение 15 ч (рис. 6).

Пятый режим включал разогрев ТХС в течение 7 ч, а затем режим разрядки с работой циркуляционного насоса между змеевиковыми теплообменниками (рис. 7).

Предложенная оригинальная схема системы позволила реализовать разные режимы эксплуатации:

– режим отопления – работает аккумуляционный змеевиковый теплообменник. Малоинерционный теплообменник заглушен. Режим позволяет осуществлять накопление тепловой энергии в ночной период с использованием теплонасосной установки, работающей с потреблением электрической энергии по льготному тарифу. В дневное время подача теплоты от внешнего источника прекращается. Регулирование теплоотдачи в помещении осуществляется за счет управляемой циркуляции между аккумуляционным и малоинерционным змеевиковыми теплообменниками;



ТЕРМЭК

ООО «НПО ТЕРМЭК» – многопрофильное предприятие, комплексно выполняющее все виды услуг по инженерному оборудованию зданий.

Специалисты предприятия обладают высшей квалификацией в области проектирования инженерных систем.

ООО «НПО ТЕРМЭК» – лидер в области проектирования инженерных систем жилых и общественных зданий с высокой энергетической и экологической эффективностью.

Предприятием запроектированы инженерные системы для таких объектов, как:

- Верховный суд РФ;
- Генпрокуратура РФ;
- Высотный комплекс Меркурий Сити Тауэр;
- Корпоративный университет Сбербанка;
- Экоофис в Сколково;
- Московский дом национальностей;
- Резиденция правительства ЮНЕСКО в Париже;
- Странноприимный дом в Иордании;
- Офисные комплексы: Арбат-центр, Лефортово, Буревестник, Электролуч, Собинбанк, Банк Москва;
- Жилищные комплексы: Триколор, Нескучный сад, Красностуденческий пр-д, д. 6, Рублевка, 26, Шаболовка, 21, Мытная, вл. 40–44.

г. Москва, Дмитровское шоссе, д. 46, корп. 2

Тел.: (495) 482-0754, 482-3810, 482-0097

Факс: (495) 482-4201

Сайт: www.termek.ru

Реклама

– режим охлаждения – работают малоинерционный и аккумуляционный змеевиковые теплообменники. Накопление холода может осуществляться в ночное время за счет работы холодильной машины или теплового насоса. Регулирование в дневное время может осуществляться за счет управляемой циркуляции между аккумуляционным и малоинерционным змеевиковыми теплообменниками;

– режим круглосуточной работы систем напольного охлаждения (отопления) с регулированием и перераспределением энергетических нагрузок между малоинерционным и аккумуляционным змеевиковыми теплообменниками в зависимости от меняющейся тепловой обстановки в помещении с учетом теплопоступлений (теплопотерь) через ограждения и внутренних тепловыделений.

Режимы работы переключаются автоматизированными органами управления по датчикам температуры воздуха в помещении и на подающем, обратном трубопроводах. Температура поверхности холодного пола контролируется по датчику температуры росы.

Для анализа равномерности распределения температуры на поверхности пола по всей площади помещения сделаны съемки с помощью тепловизора (рис. 8), которые подтвердили высокую комфортность при захлаживании как аккумуляционного, так и малоинерционного контуров.

Результаты испытаний экспериментального образца ТХС показали, что за восьмичасовой интервал зарядки напольной аккумуляционной системы может быть накоплена энергия для обеспечения комфортного теплового режима

помещения в дневное время как в режиме отопления, так и охлаждения.

Иновационная модель аккумуляционной системы ТХС с двумя контурами теплообменных змеевиков и системой циркуляции теплохолодоносителя между ними показала свою эффективность:

- в режиме охлаждения по сравнению со стандартным режимом интенсивность охлаждения помещения в режиме разрядки повышается более чем в два раза за счет теплопереноса аккумулярованного холода от массива пола к его поверхности;
- в режиме отопления по сравнению со стандартным режимом интенсивность отопления помещения в режиме разрядки повышается более чем в 2,5 раза за счет теплопереноса аккумулярованного тепла от массива пола к его поверхности;
- режим зарядки может быть интенсифицирован в 3–4 раза за счет использования одновременно и основного, и верхнего теплообменного змеевика.

Список литературы

1. *Erick van Egeraat, Gerhard Hausladen, Наумов А.Л.* Проект Корпоративного университета Сбербанка на Истре // АВОК. 2013. № 4. С. 40–46.
2. *Наумов А.Л., Капко Д.В., Ефремов В.В., Будза А.О.* Основные направления повышения энергоэффективности систем вентиляции и кондиционирования воздуха // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 6. С. 56–59.

**ИНЖ
ПРОЕКТ
СТРОЙ**

СОВРЕМЕННЫЕ ГЕОТЕХНОЛОГИИ

- УКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ
- ОГРАЖДЕНИЕ КОТЛОВАНОВ
- ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ОТКОСОВ
- ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ЗАВЕСЫ
- УСИЛЕНИЕ ФУНДАМЕНТОВ
- ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

(499) 951-03-21
www.jet-grouting.ru

Реклама