

Таблица 3

Результаты исследования влияния добавки цеолита-хонгурина на свойства портландцемента

Расход компонентов, %		Расход цеолита-хонгурина от массы вяжущего, %	В/Ц	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при изгибе, МПа	Предел прочности при сжатии, МПа
портландцемент	песок					
25	75	0	0,64	2055	4,39	15,38
25	75	5	0,64	2087	5,14	17,68
25	75	15	0,64	2093	5,43	19,89
25	75	25	0,64	2099	5,98	29,17

Экспериментальные данные позволяют сделать вывод, что введение в состав цементного раствора добавки цеолита-хонгурина размолотого до удельной поверхности 766 м<sup>2</sup>/кг в количестве 25% от массы вяжущего значительно отражается на пределе прочности при сжатии, при этом рост прочности составил 90%. Пре-

дел прочности при изгибе увеличился только на 36%.

В дальнейшем на основе разработанных вяжущих веществах были подобраны составы пенобетона различной плотности. Основные физико-механические свойства пенобетонов приведены в табл. 4 и 5.

Таблица 4

Результаты подбора состава пенобетона на основе КГВ

Марка по плотности D	Расход КГВ, кг/м <sup>3</sup>	Состав пены, мл		Нормальная густота КГВ, %	Предел прочности при сжатии (7 сут), МПа	Коэффициент теплопроводности λ, Вт/м·К
		вода	пенообразователь ПБ-Люкс			
200	200	100	3,00	55	0,081	0,050
250	250	100	3,00	55	0,103	0,053
300	300	100	3,00	55	0,149	0,056
350	350	100	3,00	55	0,287	0,061
400	400	100	3,00	55	0,613	0,072

Таблица 5

Результаты подбора состава пенобетона на основе портландцемента с добавкой цеолита-хонгурина

Марка по плотности D	Расход материалов, % по массе		Пена, л/дм <sup>3</sup>	Вода, л/дм <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии, R <sub>сж</sub> , МПа	Коэффициент теплопроводности λ, Вт/м·К
	портландцемент	цеолит-хонгурин				
500	85	15	1,00	0,285	0,48	0,120
550	92	8	1,10	0,314	0,68	0,168
600	85	15	0,55	0,314	1,17	0,170
900	92	8	0,85	0,485	4,82	0,262

По полученным результатам можно сделать вывод, что цеолит-хонгурин приобретает достаточную активность при удельной поверхности порядка 800 м<sup>2</sup>/кг и положительно влияет на физико-механические свойства как смешанных вяжущих на основе гипса, так и чистого портландцемента. На основе разработанных смешанных вяжущих подобраны составы теплоизоляционных и конструктивно-теплоизоляционных пенобетонов для стеновых изделий.

**РАСТВОРНЫЕ КОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ЗАПОЛНЕНИЯ ПАЗУХ БУРОПУСКНЫХ СВАЙ В УСЛОВИЯХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ**

Егорова А.Д., Местников А.Е., Романов А.А.  
 ФГАОУ ВПО «СВФУ имени М.К. Аммосова»,  
 Якутск, e-mail: eg\_anastasy2004@mail.ru

Строительство в Якутии ведется в сложных экстремальных природно-климатических условиях, что обуславливает более продолжительные сроки строительства, а также ведет

к увеличению трудоемкости и стоимости выполнения работ.

На производство работ нулевого цикла влияют следующие факторы: мерзлотно-грунтовые условия, наличие вечной мерзлоты, длительность зимнего периода, полярная ночь, большие значения отрицательных температур наружного воздуха, значительные скорости ветра, осадки в виде дождя.

Буроопускной способ погружения свай является наиболее надежным и универсальным по применимости в вечномерзлых грунтах, хотя он дорогой и трудоемкий.

При этом способе пазухи между свай и стенкой скважины заполняют грунтовым раствором. Подбор состава раствора, технология его приготовления и заливки в скважину являются важными условиями набора несущей способности буроопускной сваи, то есть ее несущая способность зависит от прочности смерзания с грунтовым раствором.

В табл. 1. приводятся часто используемые грунтовые растворы: песчано-глинистый, песчано-известковый, песчано-цементный.

Таблица 1

Составы растворов для заполнения пазух между стенками скважины и свай

Наименование раствора	Состав на 1 м <sup>3</sup> раствора
Песчано-известковый	1. Песок воздушно-сухой среднезернистый – 820 кг, известковое тесто плотностью 1,4 г/см <sup>3</sup> – 300 л, вода – 220-320 л.
	2. Песок воздушно-сухой – 1750 кг, известковое молоко – 180 л, вода добавляется до получения требуемой осадки конуса.
Песчано-глинистый	1. Глина молотая высушенная (шихта) – 300 кг, песок – 900 кг, вода – 410 л.
	2. Мелкий песок и глина в соотношении 5:1–10:1 при консистенции, соответствующей осадке конуса 10-16 см и влажности 0,35–0,5.
	3. Раствор приготавливается на месте с использованием бурового шлама.
Песчано-цементный (марка 100 и выше)	Портландцемент марки 300–450 кг, вода – 410 л, песок воздушно-сухой – 830 кг.

Для повышения несущей способности буроопускных свай в вечномерзлых грунтах следует увеличить скорость набора прочности грунтового раствора и его прочности смерзания со свай. Для заполнения пазух буроопускных свай, как правило, используют песчано-известковый и песчано-цементный растворы. Песчано-известковый раствор рекомендуется применять в низкотемпературных вечномерзлых грунтах. Однако в нескальных грунтах, где верхние слои отложений представлены пылевато-глинистыми супесями и песками с широко развитым комплексом подземных льдов и таликов, местами значительной мощности (до 15 м и более), средняя температура составляет всего 0...-2°C. При таких температурах глинистый грунт находится в пластично-мерзлом состоянии и не обеспечивает достаточной несущей способности за счет смерзания железобетонной сваи с песчано-известковым раствором. Бетоны марок М100, М200 и М300, уложенные в вечномерзлые грунты с температурой не ниже -5°C, набирают прочность 15...20% от R<sub>28</sub> за месяц и 35...40% R<sub>28</sub> за 6 месяцев. Поэтому применение в низкотемпературных грунтах г. Якутска песчано-цементного раствора неэффективно.

Песчано-глинистые растворы могут быть приготовлены на растворном узле или на строительной площадке с использованием бурового шлама. Область применения растворов ограничена высокотемпературными вечномерзлыми грунтами, при использовании бурового шлама

раствор разрешается готовить только в теплое время. Температура замерзания глинистых растворов составляет -0,3...-0,4°C. Срок вмержания свай в скважины с глинистым раствором – от нескольких дней при температуре грунтов основания -5°C до нескольких месяцев при температуре -0,5...-1°C. Применение данных растворов в нескальных грунтах понижает несущую способность свайных фундаментов примерно на 25...30% по сравнению с расчетной. Это объясняется тем, что прочность смерзания боковой поверхности железобетонной сваи на 30% меньше прочности смерзания песчаного грунта основания.

Применение противоморозных химических добавок в песчано-цементном растворе недопустимо из-за возможной миграции солей в вечномерзлые грунты, следствием этого явится понижение температуры замерзания грунтов.

Таким образом, для повышения несущей способности буроопускных свай в вечномерзлых грунтах следует увеличить прочность смерзания грунтового раствора со свай. Применение в низкотемпературных грунтах г. Якутска цементно-песчаного раствора без особых на то причин не эффективно. Грунтовой раствор для буроопускных свай, устраиваемых в твердомерзлых грунтах должен отвечать следующим требованиям: быть экономичным; отепляющее воздействие на окружающие грунты должно быть минимальным; прочность смерзания со свай не ниже прочности смерзания с грунтами

оснований; несложная технология приготовления и заливки в скважину.

Поэтому целесообразно разработать составы расширяющих добавок (РД) с использованием местного минерального сырья (гипса, горелой породы, цеолита) для бетонных смесей, обеспечивающих высокое качество цементирования буропускных свай в условиях вечномерзлых грунтов за счет устойчивого расширения и ускорения режима твердения цементного материала, приобретения им заданной прочности.

Исследованы 2 вида РД из гипса и горелой породы месторождения Кюнкюй красно-

того (красная) и беловатого (белая) оттенков. Химический состав приведен в табл. 2. Механохимическая активация влияет на структуру и свойства используемого вида – горелой породы, способствует возникновению эффекта линейного расширения и самонапряжения, причем, чем выше степень обжига горелых пород, тем больше образуется высокосульфатной формы гидросульфалоумината кальция. Горелую породу, прежде чем смешать с гипсом, мололи в шаровой мельнице и брали фракцию, проходящую через сито №008, в качестве компонента добавки.

Таблица 2

Химический состав горелых пород, %

Номер пробы	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Кюнкюй – красная	65,05	0,77	16,62	6,06	0,07	1,80	2,45	2,92	3,16	0,18
Кюнкюй – белая	71,41	1,19	24,80	1,00	0,02	0,10	0,51	0,84	0,13	0,08

Установлено, что оптимальное линейное расширение цементов (до 0,7% в 3 суток) достигается при добавлении РД (гипс + горелая порода) в количестве 10-20% с содержанием горелой красной породы до 45% (среднее значение  $R_{сж} = 18,5$  МПа на 28 суток естественного твердения) и при 15-20% добавки с содержанием горелой белой породы 60% (среднее значение  $R_{сж} = 19,2$  МПа через 28 суток). Оптимальному режиму твердения расширяющегося материала (начало схватывания – 30 мин, конец схватывания – 45-75 мин) соответствуют состав при добавлении РД в количестве 10-20% с содержанием горелой красной породы до 45%.

### ВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ РОТОРНЫЕ СИСТЕМЫ НА ГАЗОМАГНИТНЫХ ОПОРАХ

Космынин А.В., Щетинин В.С.,  
Хвостиков А.С.

*Комсомольский-на-Амуре государственный  
технический университет, Комсомольск-на-Амуре,  
e-mail: avkosm@knastu.ru*

В современном машиностроении один из основных путей развития является увеличение скорости и надежности вращающихся роторных систем. Высокоскоростные роторы применяются, в частности, в шпиндельных узлах металлообрабатывающих станков; электрических машинах; турбинных агрегатах; компрессорах; гироскопах и различных быстровращающихся узлах в текстильной промышленности.

Применение в конструкциях машин и узлов гидростатических опор обеспечивает высокую точность вращения и демпфирующую способность, что значительно повышает их виброустойчивость. Такие опоры имеют практически неограниченную долговечность, высокую нагрузочную способность при любой частоте вра-

щения ротора. Главными недостатками применения гидростатических опор является сложная система питания и ограничение по быстроходности обусловленное жидкостным трением.

Роторы на газовых опорах могут развивать параметр быстроходности ( $d \times n$ ) 5 млн мм/мин и выше. Однако, из-за сравнительно невысокой несущей и демпфирующей способности смазочного слоя газовых опор, их использование ограничено. Такие опоры нашли применение в высокоскоростных малонагруженных роторных системах.

Роторные системы на электромагнитных опорах имеют неограниченный ресурс, невысокое энергопотребление, сравнительно высокую жесткость при управлении тяговым усилием электромагнита и незначительный коэффициент сопротивления вращению. Отсутствие механического контакта позволяет таким подшипникам работать в экстремальных условиях. Несмотря на эти достоинства, роторы на электромагнитных опорах не нашли широкого применения в машиностроении вследствие невысокой несущей способности и сложности как самих роторных систем, так и их электронных систем управления.

Одним из возможных путей дальнейшего повышения выходных характеристик роторных систем состоит во внедрении в их конструкции нового типа подшипников – газоманнитных опор (ГМО). Они лишены недостатка газовых опор – невысокой несущей способности, которая компенсируется магнитными силами. Недостаток магнитных опор по неустойчивости положения шпинделя и, как следствие, сложной системы управления, компенсируются самоустанавливающимся полем газовых сил в опоре [3, 5, 6].

В Комсомольском-на-Амуре ГТУ проведен широкий комплекс теоретических [7-9] и экс-