

В.Д. КОТЛЯР, д-р техн. наук (diatomit\_kvd@mail.ru), К.А. ЛАПУНОВА, канд. техн. наук (keramik\_kira@mail.ru), Я.В. ЛАЗАРЕВА, инженер (yana-cherevkova@yandex.ru), И.М. УСЕПЯН, студент

Ростовский государственный строительный университет (344022, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162)

## Основные тенденции и перспективные виды сырья при производстве керамической черепицы

Рассмотрены особенности применения керамической черепицы в современном строительстве и основные взаимосвязанные тенденции при ее производстве и применении в строительстве: уменьшение массы, снижение водопоглощения, увеличение прочности, разнообразие декорирования. Обосновано решение поставленных задач путем выбора оптимального сырья, составлением многокомпонентных шихтовых составов формовочных масс, что обуславливает усложнение технологии. Предлагается в качестве основного сырья использовать аргиллитоподобные глины, свойства которых позволяют осуществлять производство по технологии компрессионного формования, которая является более простой и менее затратной. Учет выделенных тенденций будет способствовать развитию отрасли и увеличению производства керамической черепицы в нашей стране.

**Ключевые слова:** керамическая черепица, прочность, водопоглощение, аргиллитоподобные глины.

V.D. KOTLYAR, Doctor of Sciences (Engineering) (diatomit\_kvd@mail.ru), K.A. LAPUNOVA, Candidate of Sciences (Engineering) (keramik\_kira@mail.ru), I.V. LAZAREVA, Engineer (yana-cherevkova@yandex.ru), I.M. USEPYAN, Student  
Rostov State University of Civil Engineering (162, Socialisticheskaya Street, Rostov-na-Donu, 344022, Russian Federation)

### Main Trends and Prospective Types of Raw Material When Producing Ceramic Tile

Features of the use of ceramic tile in the modern construction and main interconnected trends of its production and application in construction – weight reduction, water absorption reduction, strength increase, variety of decoration – are considered. The solution of assigned tasks is substantiated by means of selection of optimal raw material, formulation of multi-component batch compositions of forming masses that determines the complication of technology. As a main raw material, it is proposed to use argillite-like clays properties of which make it possible to conduct the production by the technology of compressive forming which is simpler and less costly. The account of identified trends will contribute to the development of the industry and increasing the production of ceramic tile in our country.

**Keywords:** ceramic tile, strength, water absorption, argillite-like clays.

В последние годы строители проявляют возрастающий интерес к керамической черепице. Это закономерный процесс, учитывая подтвержденные столетиями многие неоспоримые преимущества керамической черепицы в сравнении с другими кровельными материалами. История керамической черепицы насчитывает несколько тысячелетий. Этот уникальный материал использовался еще во времена Древнего мира – в Греции, Риме, Китае и других странах. Керамическая черепица является эталоном архитектурной эстетики, и не зря многие современные кровельные материалы имитируют керамическую черепицу.

Главными преимуществами керамической черепицы являются красота, долговечность, огнестойкость, морозостойкость. Кроме того, она устойчива к солнечной радиации, агрессивным средам, способна поглощать шум, не накапливая статическое электричество, не разогревается в жару, обеспечивает необходимую вентиляцию подкровельного пространства. Срок службы керамической черепицы и кровли из нее более ста лет, при этом ее свойства со временем не ухудшаются [1]. Результатом этого является неуклонный рост производства керамической черепицы во многих странах и особенно в Западной Европе [2, 3], где она является практически монопольным кровельным материалом при строительстве жилых и общественных зданий (рис. 1, 2). В России до настоящего времени производство и применение керамической черепицы в силу объективных и субъективных причин не получило распространения. Однако в последнее время наметилась тенденция в лучшую сторону – появилось стремление многих производителей керамического кирпича организовать и производство черепицы. Одним из факторов такого интереса производителей является увеличение объема ввоза черепицы из-за рубежа и достаточно высокая цена зарубежной черепицы. В связи с этим для пра-

вильного понимания процесса организации производства керамической черепицы нами выделены несколько основных взаимосвязанных тенденций и направлений в стратегии развития производства данного вида кровельных строительных материалов.

Одной из основных тенденций при производстве керамической черепицы является стремление к снижению ее массы. Ранее в ГОСТ 1808–71 «Черепица глиняная. Clay tile» среди технических требований было ограничение массы черепицы – не более 50 кг на 1 м<sup>2</sup>. В современных российских и зарубежных нормативных документах такое требование отсутствует [4–6]. Стремление снижения массы черепицы условно можно объяснить тем, что многие критики керамической черепицы среди ее недостатков особо выделяют необходимость устройства усиленной стропильной системы. Достижение массы черепицы возможно только за счет уменьшения ее толщины. Производители идут на это и получают существенные преимущества: при той же площади покрытия надо меньше затратить материалов, соответственно уменьшить расходы на их обработку, снизить расходы на сушку и обжиг и т. д.

Снижение массы черепицы имеет и отрицательные последствия – снижается прочность изделий и способность противостоять ветровым нагрузкам. И если прочность легко проконтролировать в лабораторных условиях, то с ветровыми нагрузками вопрос сложнее – нет однозначного решения, что лучше: увеличивать массу черепицы или нести дополнительные затраты на ее усиленный крепеж к деревянному основанию.

Второй тенденцией при производстве черепицы является стремление к снижению водопоглощения. Данный показатель не регламентируется нормативными документами – требования предъявляются только к водонепроницаемости. Традиционно принято считать, что водопоглощение черепицы не должно превышать 10 мас. %,

и в рекомендациях по устройству кровли указывается, что прирост веса квадратного метра черепицы не должен превышать 10% по отношению к предельному допускаемому весу кровли, указанному в нормативном документе. Например, согласно ТУ 575610-009-25613577-2005 «Черепица глиняная двухпазовая штампованная марсельского типа, коньковая и вентиляционная», для черепицы марсельского типа это не более 50 кг на 1 м<sup>2</sup>, для вентиляционной – не более 74 кг на 1 м<sup>2</sup>.

Следует отметить, что водопоглощение не является прямым показателем, характеризующим качество черепицы, а представляет собой косвенный показатель, позволяющий прогнозировать другие качественные показатели – морозостойкость, водопроницаемость, пористость. Последние определяются прямыми испытаниями и не нуждаются в предположительных определениях. Однако повышенное водопоглощение черепицы может иметь неприятное последствие, которое может проявляться через продолжительное время. В местах повышенной влажности на кровле, при частых дождях или просто во влажном климате, на черепице может начать развиваться биологический налет – диатомовые водоросли, мхи, лишайники, которые придают поверхности черепицы неопрятный вид (рис. 3). Физико-механические свойства черепицы при этом не ухудшаются. Поэтому во избежание данных процессов водопоглощение черепицы должно быть, как показывает практика, не более 5–6%. Этот показатель соответствует требованиям к клинкерному кирпичу, и производители черепицы к этому стремятся, несмотря на технологические трудности [7]. Кроме того, низкое водопоглощение является косвенным признаком более высокой морозостойкости черепицы.

Третьей важной тенденцией при производстве черепицы является стремление к увеличению ее прочности. Оценивается, учитывая форму и условия эксплуатации черепицы, предел прочности при изгибе. В зависимости от вида черепицы этот показатель может изменяться от 6 МПа (плоская черепица) до 12 МПа (желобчатая, специальная черепица с разнообразным, в основном декоративным формообразованием, например черепица, формованная вручную). Черепица ведущих зарубежных фирм, как правило, превышает эти показатели. Стремление к повышению прочности обусловлено многими факторами: это и возможность снизить массу изделий; увеличить размеры изделий; сократить долю боя при транспортировке и укладке; повысить сроки эксплуатации, а также это хороший рекламный фактор в условиях жесткой конкуренции среди большого разнообразия кровельных материалов.

Исходя из вышеизложенных предпосылок можно говорить, что прочность керамического камня при испытаниях глинистого сырья и подборе керамических масс для производства черепицы должна составлять не менее 25 МПа, а самой черепицы не менее 15 МПа. Только при таких условиях можно получить конкурентоспособную продукцию, отвечающую современным требованиям по пределу прочности при изгибе.

Четвертой важной тенденцией при производстве керамической черепицы являются особенности декорирования. Ведущие производители Европы выпускают сотни видов декорированной черепицы. В основном декорирование черепицы заключается в придании различных цветов и оттенков керамическому камню с помощью красителей и условий обжига, покрытия поверхности черепицы глазурями различных видов (блестящими, матовыми, цветными, восстановительными, авантюриновыми и т. д.), покрытия поверхности черепицы различными ангобами, создания различных эффектов на лицевой поверхности типа старения, «деградации» и т. д. [8].

Уменьшение массы черепицы и увеличение прочности явились предпосылками для выпуска черепицы



Рис. 1. Типичная кровля из керамической черепицы жилых и общественных зданий в городах Германии и Чехии



Рис. 2. Кровля из декорированной керамической черепицы в Хорватии



Рис. 3. Развитие диатомовых водорослей на черепичной кровле

больших размеров. В настоящее время производится черепица малого формата – более 15 шт./м<sup>2</sup>, среднего формата – 10–15 шт./м<sup>2</sup> и крупного формата – не более 6 шт./м<sup>2</sup>. Крупноформатная черепица имеет ряд преимуществ: кровельные работы производятся быстрее и с меньшим объемом подгоночных работ, требуется меньшее количество реек обрешетки, вес кровли в целом снижается. В результате крупноформатная черепица пользуется все большим спросом и получила признание как экономичное кровельное покрытие.

Указанные выше тенденции при производстве керамической черепицы ставят перед российскими технологами и учеными в области стеновой и кровельной керамики непростую задачу, решить которую можно суще-

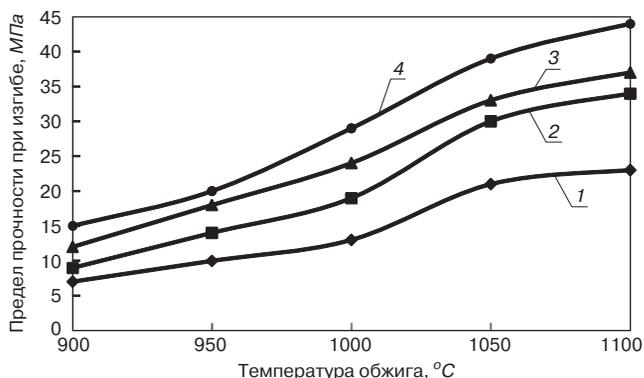


Рис. 4. Зависимость предела прочности при изгибе керамических образцов от степени измельчения сырья и температуры обжига: 1 – 0–1,25 мм; 2 – 0–0,63 мм; 3 – 0–0,315 мм; 4 – 0–0,16 мм

ственным усложнением технологии, созданием сложных многокомпонентных составов сырьевых масс или путем поиска новых нетрадиционных сырьевых источников. Первый путь в керамике традиционен, но он неприемлем в полной мере для условий нашей страны и современных реалий, так как предполагает практически полное использование дорогостоящего импортного оборудования, достаточно сложную технологию, тщательный пооперационный контроль технологического процесса и т. д. Это предполагает большие производственные затраты, высокую себестоимость продукции, низкую рентабельность и, как следствие, низкую инвестиционную привлекательность проектов по производству керамической черепицы.

Работы, проводимые в последние годы в этом направлении в Ростовском государственном строительном университете совместно со специалистами Института наук о Земле Южного федерального университета, позволили выявить перспективное сырье для производства керамической черепицы. Аргиллитоподобные глины ранее не привлекали внимание геологов и технологов-керамиков. Это глинистое сырье имеет распространение во многих регионах России и обладает особыми свойствами [9, 10]. В общем плане месторождения аргиллитоподобных глин можно разделить на три типа.

Традиционные природные месторождения, которые целенаправленно изучаются и разведываются для производства того или иного вида керамики.

Техногенные месторождения шахтных отвалов, сформировавшиеся в результате добычи угля, – терриконы и побочные продукты их переработки. Основным литологическим типом пород терриконов являются аргиллитоподобные глины, аргиллиты, алевролиты и переходные разновидности между этими породами.

Попутное сырье и отвалы при разработке месторождений известняков и песчаников, с которыми они генетически связаны. Учитывая масштабы разработок, объемы аргиллитоподобных глин, уходящих в отвалы, исчисляются сотнями миллионов тонн. Это наиболее интересный тип месторождений, так как они уже разрабатываются, затраты на добычу минимальны и имеется возможность их детального объективного изучения.

Следует отметить, что в последние годы наблюдается интерес к камневидному глинистому сырью [11–14]. Особенностью аргиллитоподобных глин, помимо хорошей легкоплавкости и спекаемости, является высокий предел прочности при изгибе керамического камня на их основе, что очень важно для керамической черепицы. Причем этот показатель технологически легко управляем, так как зависит от двух факторов помимо свойств самого сырья: степени измельчения сырья и температуры обжига. На рис. 4 для примера приведены зависимости предела прочности при изгибе керамиче-

ских образцов на основе аргиллитоподобной глины Садковского месторождения от степени измельчения сырья и температуры обжига.

Высокая прочность при изгибе керамического камня на основе аргиллитоподобных глин обусловлена условиями их генезиса. Они были сформированы в результате процессов катагенетических преобразований глинистых минералов типа монтмориллонита в результате метаморфизма [15, 16]. При этом происходила иллитизация (гидроглинизация) смектитов, переход монтмориллонитового компонента глин в гидрослюда. В аргиллитоподобных глинах выделяется два морфологических типа гидрослюда: изометричная, являющаяся аллотигенной составляющей, и удлиненно-пластинчатая – являющаяся продуктом катагенетического процесса преобразования монтмориллонита. Именно наличие этих составляющих предопределяет высокую прочность керамического камня при изгибе. Гидрослюда при обжиге спекаются, сохраняя форму частиц, и упрочняются, выступая при этом как бы армирующим компонентом микроструктуры, по аналогии с муллитом в фарфоре.

Использование аргиллитоподобных глин позволяет осуществлять производство по технологии компрессионного формования. Такая технология является более простой – требуется меньше основного, вспомогательного и транспортного оборудования; имеется возможность совместить подсушку и обжиг изделий; топливно-энергетические затраты существенно меньше в сравнении с пластическим способом. Черепица, отформованная таким способом, отличается более плотной структурой, повышенной прочностью, меньшей пористостью, гладкой поверхностью и точными размерами. Гладкая поверхность черепицы легче поддается декорированию – глазурированию и ангобированию.

Таким образом, проведенный нами анализ позволил выделить перспективные направления производства керамической черепицы, перспективные виды сырья и технологию. Это поможет найти взаимопонимание между инвесторами, сотрудниками испытательных лабораторий, проектировщиками, технологами и геологопоисковиками. Все это в конечном счете будет способствовать развитию отрасли и увеличению производства керамической черепицы в нашей стране.

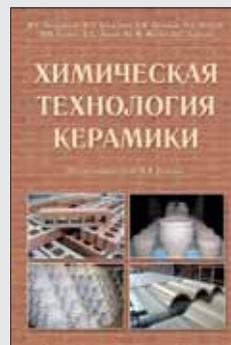
#### Список литературы

1. Салахов А.М. Керамика для строителей и архитекторов. Казань: ИД «Парадигма», 2009. 296 с.
2. Салахов А.М., Туктарова Г.Р., Мочалов А.Ю., Салахова Р.А. Керамическая черепица в России была и должна быть // *Строительные материалы*. 2007. № 9. С. 18–19.
3. Bender W. Vom Ziegelgott zum Industrieelektroniker. Bonn. 2004.
4. СТБ EN 1304–2009 «Черепица кровельная глиняная и доборные элементы. Определения и технические условия на продукцию». Минск: Госстандарт, 2009. 55 с.
5. EN 1304:2005 Dachziegel und Formziegel. Begriffe und Produktanforderungen. 22 p.
6. Eriton K. Roofing. Fine Homebuilding. Newtown. Connecticut: Taunton press. 1997. p. 110.
7. ГОСТ 530–2012 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия». М.: Стандартинформ, 2012. 39 с.
8. Ерёмченко Г.Н. Композиционные решения и технология декорирования керамической черепицы на основе аргиллитоподобных глин. *Современные технологии, материалы и качество в строительстве: мат. междунар. студенческой науч.-практ. конф. «Строительство и архитектура-2015»*. Ростов н/Д: РГСУ, 2015. С. 139–142.

9. Котляр В.Д., Козлов А.В., Котляр А.В., Терёхина Ю.В. Особенности камневидных глинистых пород Восточного Донбасса как сырья для производства стеновой керамики // *Вестник МГСУ*. 2014. № 10. С. 95–105.
10. Талпа Б.В., Котляр В.Д. Минерально-сырьевая база литифицированных глинистых пород Юга России для производства строительной керамики // *Строительные материалы*. 2015. № 4. С. 31–33.
11. Котляр В.Д., Терёхина Ю.В., Котляр А.В. Методика испытаний камневидного сырья для производства стеновых изделий компрессионного формования // *Строительные материалы*. 2014. № 4. С. 24–27.
12. Столбоушкин А.Ю., Стороженко Г.И. Отходы углеобогащения как сырьевая и энергетическая база заводов керамических стеновых материалов // *Строительные материалы*. 2011. № 4. С. 43–46.
13. Столбоушкин А.Ю. Стеновые керамические материалы матричной структуры на основе обогащения отходов углистых аргиллитов // *Известия вузов. Строительство*. 2013. № 2–3. С. 28–36.
14. Кара-сал Б.К., Котельников В.И., Сапелкина Т.В. Получение керамического стенового материала из вскрышных пород углеобогащения // *Естественные и технические науки*. 2015. № 2. С. 160–163.
15. Котляр А.В., Талпа Б.В. Камневидные глинистые породы Восточного Донбасса перспективное сырье для производства стеновой керамики // *Сборник трудов научной конференции студентов и молодых ученых с международным участием «Актуальные проблемы наук о Земле»*. Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2015. С. 49–51.
16. Котляр А.В., Талпа Б.В. Особенности аргиллитоподобных глин Юга России как сырья для производства клинкерного кирпича // *Сборник трудов научной конференции студентов и молодых ученых с международным участием «Актуальные проблемы наук о Земле»*. Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2015. С. 51–53.
- raw materials for wall tile production. *Vestnik MGSU*. 2014. No. 10, pp. 95–105. (In Russian).
10. Talpa B.V., Kotlyar V.D. Mineral and raw base of lithified clay materials of southern Russia for ceramics production. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 4, pp. 31–33. (In Russian).
11. Kotlyar V.D., Terekhina U.V., Kotlyar A.V. Lithoid raw materials testing procedure for production of compression-molding-type wall products. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 4, pp. 24–27. (In Russian).
12. Stolobushkin A.U., Storozhenko G.I. Waste of coal preparation as a raw materials and energy base of wall ceramic materials factories. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 4, pp. 43–46. (In Russian).
13. Stolobushkin A.U. Ceramic wall materials of matrix arrangement on basis of enrichment of carbon-bearing clay-rock waste products. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2013. No. 2–3, pp. 28–36. (In Russian).
14. Kara-sal B.K., Kotelnikov V.I., Sapelkina T.V. Getting of ceramical wall materials from overburden rock coal beneficiation. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*. 2015. No. 2, pp. 160–163. (In Russian).
15. Kotlyar V.D., Talpa B.V. Lithoid clay rock of the east Donbass perspective raw materials for production of wall ceramics. *Collected works of academic conference for students and young scientists with international participation of «Geosciences topical issues»*. Rostov-on-Don, 2015, pp. 49–51. (In Russian).
16. Kotlyar V.D., Talpa B.V. The peculiarities of claystone-like clays of the southern Russia as raw materials for arch brick production. *Collected works of academic conference for students and young scientists with international participation of «Geosciences topical issues»*. Rostov-on-Don, 2015, pp. 51–53. (In Russian).

## References

1. Salakhov A.M. *Keramika dlya stroiteley i arkhitektorov* [Ceramics for builders and architects]. Kazan: ID Paradigm. 2009. 296 p.
2. Salakhov A.M., Tuktarova G.R., Mochalov A.Yu., Salakhova R.A. There is Ceramic tile in Russia and it should exist. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2007. No. 9, pp. 18–19. (In Russian).
3. Bender W. *Vom Ziegelgott zum Industreelektroniker*. Bonn. 2004.
4. STB EN 1304–2009. Cherepitsa krovel'naya glinyanaya i doborynye elementy. Opredeleniya i tekhnicheskie usloviya na produk-tsiyu» [Roofing clay tiles and non-standard precast component. Definitions and technical conditions for production]. Minsk: Gosstandart. 2009. 55 p.
5. EN 1304:2005 Dachziegel und Formziegel. Begriffe und Produkt an forderung. 22 p.
6. Eriton K. Roofing. Fine Homebuilding. Newtown. Connecticut: Taunton press. 1997. 110 p.
7. GOST 530–2012 Kirpich i kamen' keramicheskie. Obshchie tekhnicheskie usloviya [All Union State standard 530–2012. Bricks and stones made from ceramics. General characteristics and conditions]. Moscow: Standardinform. 2012. 39 p.
8. Eremenko G.N. Compositional decisions ceramic and tile decoration technology on basis of claystone-like clays. *Modern technology, building materials and building quality: international student's research and practice conference. Building and architecture*. Rostov-on-Don: RGSU. 2015, pp. 139–142. (In Russian).
9. Kotlyar V.D., Kozlov A.V., Terekhina U.V. The peculiarities of lithoid clay rock materials of east Donbass as



## Химическая технология керамики

Авторы – коллектив ученых РХТУ им. Д.И. Менделеева под редакцией И.Я. Гузмана

Издание 2-е, исправленное  
М: РИФ «СМ». 2012 г. 494 с.

В пособии освещены вопросы современного состояния технологии основных видов керамических изделий строительного, хозяйственно-

бытового и технического назначения, а также различных видов огнеупоров. Книга соответствует программе общего курса химической технологии керамики и огнеупоров при наличии также курсов соответствующих специализаций. Подробно изложены характеристика сырья, проблемы подготовки керамических масс и их формование, особенности механизмов спекания, а также дополнительные виды обработки керамики: металлизация, глазурование, декорирование, механическая обработка.

Описаны механические, деформационные, теплофизические, электрофизические свойства керамических изделий, в том числе при высоких температурах.

Учебное пособие рассчитано на студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» и специалистов, работающих в области технологии керамики и огнеупоров.

Тел./факс: (499) 976-22-08; 976-20-36  
www.rifsm.ru

**СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО**  
**СКБ СТРОЙПРИБОР**  
**ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ**



тел/факс в Челябинске:  
 (351) 790-16-13, 790-16-85, 796-64-14  
 в Москве: (495) 964-95-63, 220-38-58  
 e-mail: stroypribor@chel.surnet.ru  
 www.stroypribor.ru

**ИЗМЕРИТЕЛИ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА, КИРПИЧА**

**ИПС-МГ4.01 / ИПС-МГ4.03**  
 ударно-импульсный  
 автоматическая обработка измерений  
  
 диапазон 3...100 МПа

**УКС-МГ4 / УКС-МГ4 С**  
 ультразвуковой  
 поверхностное и сквозное прозвучивание  
  
 частота 60...70 кГц  
 диапазон 10...2000 мкс

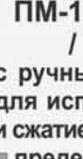
**ПОС-50МГ4 / ПОС-50МГ4 Д / ПОС-50МГ4 "Скол"**  
 отрыв со скалыванием и скалывание ребра  
  
 предельное усилие 60 кН  
 диапазон 5...100 МПа

**ПОС-2МГ4 П**  
 испытание прочности ячеистых бетонов  
  
 предельное усилие вырыва 2,5 кН

**Прессы испытательные малогабаритные**  
**ПГМ-100МГ4 / ПГМ-500МГ4 / ПГМ-1000МГ4**  
 с гидравлическим приводом для испытания бетона, асфальтобетона, кирпича  
 ■ предельная нагрузка 100 / 500 / 1000 кН  
 ■ масса 70 / 120 / 180 кг  


**ПСО-10МГ4 КЛ**  
 испытание прочности сцепления в каменной кладке  
  
 предельное усилие отрыва 15 кН

**ПЛОТНОМЕРЫ ГРУНТОВ ДИНАМИЧЕСКИЕ**  
**ПДУ-МГ4 "Удар" и ПДУ-МГ4 "Импульс"**  
 определение динамического модуля упругости грунтов и оснований дорог методом штампа,  
 диапазон: 5...370 МН/м<sup>2</sup> ("Удар")  
 5...300 МН/м<sup>2</sup> ("Импульс")  


**ПМ-1МГ4 / ПМ-2МГ4 / ПМ-3МГ4 / ПМ-5МГ4 / ПМ-10МГ4**  
 с ручным / электрическим приводом для испытания утеплителей на изгиб и сжатие при 10% линейной деформации  
 ■ предельная нагрузка 1 / 2 / 3 / 5 / 10 кН  
 ■ масса 20 / 25 кг  


**АДГЕЗИМЕТРЫ**  
**ПСО-МГ4**  
 испытание прочности сцепления покрытия с основанием  
  
 предельная нагрузка 1 / 2,5 / 5 / 10 кН

**ИЗМЕРИТЕЛИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ**

**ИТП-МГ4 "100" / "250" / "Зонд"**  
 стационарный и зондовый режимы  
  
 диапазон 0,02...1,5 Вт/м·К

**АНЕМОМЕТРЫ, ГИГРОМЕТРЫ**

**ИСП-МГ4 / ИСП-МГ4.01**  
 анемометр-термометр  
 диапазон 0,1...20 (1...30) м/с  
 -30...+100 °С  
**ТГЦ-МГ4 / ТГЦ-МГ4.01**  
 термогигрометр  
 диапазон 0...99,9 % / -30...+85 °С  
  


**ИЗМЕРИТЕЛИ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ**

**ИТП-МГ4.03 "Поток"**  
 3...5, 10 и 100-канальные регистраторы  
  
 диапазон 10...999 Вт/м<sup>2</sup>  
 -40...+70 °С

**ИЗМЕРИТЕЛИ ВЛАЖНОСТИ**

**ВЛАГОМЕР-МГ4**  
 для измерения влажности бетона, сыпучих, древесины  
 диапазон 1...45 %  


**ТЕРМОМЕТРЫ**

**ТМР-МГ4 / ТЦЗ-МГ4 / ТЦЗ-МГ4.01**  
 модульные регистрирующие для зимнего бетонирования и пропарочных камер (до 20 модулей в комплекте)  
 зондовые / контактные  
 1...2-канальные  
 диапазон -40...+100 / 250 °С  


**ИЗМЕРИТЕЛИ СИЛЫ НАТЯЖЕНИЯ АРМАТУРЫ**

**ДО-40 / 60 / 80МГ4**  
 метод поперечной оттяжки  
 диапазон контролируемых усилий 2...120 кН  
 диаметр арматуры 3...12 мм  


**ИЗМЕРИТЕЛИ ТОЛЩИНЫ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА**

**ИПА-МГ4**  
 диаметр контролируемой арматуры 3...40 мм  
 диапазон измерения защитного слоя 3...140 мм  


**ДИНАМОМЕТРЫ**

**ДМС-МГ4 / ДМР-МГ4**  
 эталонные  
 сжатия / растяжения  
 предельная нагрузка 1...1000 кН  


**ИЗМЕРИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЙ В АРМАТУРЕ**

**ЗИН-МГ4**  
 частотный метод  
 диаметр арматуры 3...32 мм  
 диапазон 100...1800 МПа  


ПРОИЗВОДИМ: ИЗМЕРИТЕЛИ ВИБРАЦИИ, МОРОЗОСТОЙКОСТИ, ТОЛЩИНОМЕРЫ, ГИДРОСТАТИЧЕСКИЕ ВЕСЫ И ДР.

Реклама