

## **ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ Sika VISCOCRETE-225 P НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДРЕВЕСНО-ГИПСОВОГО КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА С ПОЗИЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ЕГО СТРУКТУРЫ**

**Т. И. Горохов, Н. С. Ковалев<sup>✉</sup>, А. В. Ерофеев**

*Кафедра «Конструкции зданий и сооружений»,  
kov.nik.01@mail.ru; ФГБОУ ВО «ТГТУ», Тамбов, Россия*

**Ключевые слова:** древесно-гипсовый композитный материал; исследование; пластификатор; пористость; порометрия; прочностные показатели.

**Аннотация:** Разработан древесно-гипсовый композитный материал, имеющий невысокие прочностные характеристики, которые возможно повысить с помощью использования модифицирующих добавок. Исследовано влияние добавки Sika ViscoCrete-225 P на изменение прочностных характеристик. Отмечено, что добавка позволяет уменьшить неоднородную пористость композитного материала и, как следствие, повысить его прочностные показатели.

---

### **Введение**

Древесно-гипсовый композитный материал, основными компонентами которого являются древесные опилки и гипс, обладает недостаточными показателями прочности, определяющими область его использования. Для того чтобы повысить показатели данной характеристики, и, как следствие, увеличить охват возможных применений одного композитного материала в разных условиях эксплуатации, используют различные добавки. Одной из таких добавок является Sika ViscoCrete-225 P.

За исходный образец взят древесно-гипсовый композитный материал оптимального состава [1]. Прочностные характеристики данного композитного материала получены экспериментальным путем и составили:

- прочность на растяжение при изгибе составляет – 0,55 МПа;
- прочность на сжатие – 1,46 МПа.

Полученные значения недостаточны для широкого спектра применения композитного материала. Для решения данной проблемы рекомендуется использовать модифицирующие добавки.

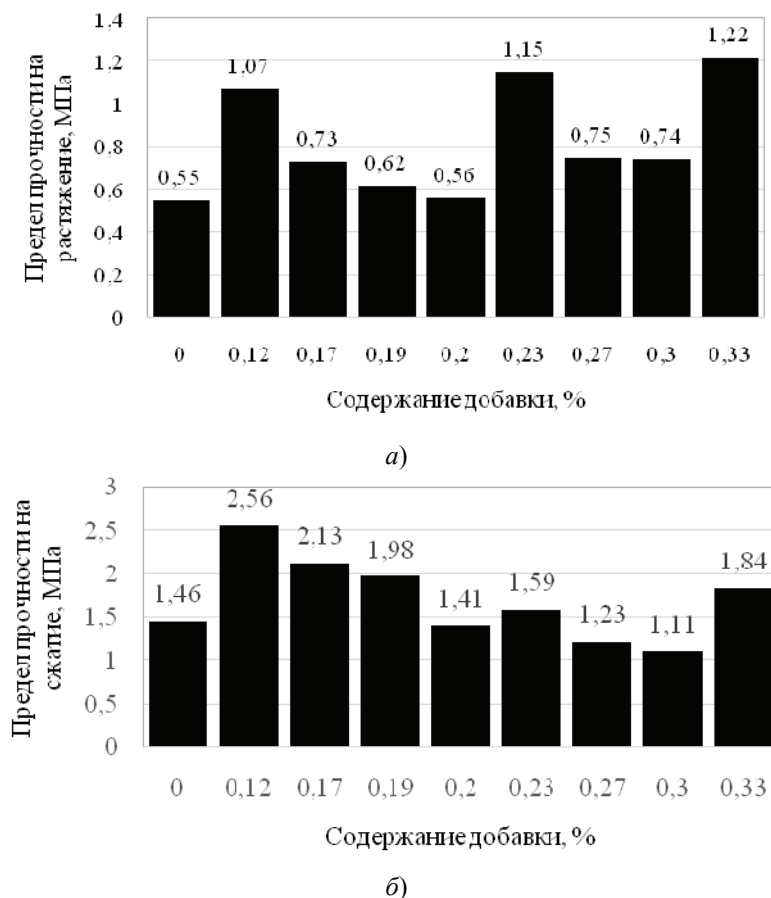
### **Исследование повышения механических характеристик древесно-гипсового материала с добавкой Sika ViscoCrete-225 P**

Для повышения механических характеристик древесно-гипсового материала в качестве добавки использован пластификатор Sika ViscoCrete-225 P в виде порошка на основе эфиров поликарбоксилатов, предназначенный для производства сухих строительных смесей и бетонов на основе вяжущих с высоким содержанием сульфата кальция или чистых гипсовых связующих [2]. Добавка применяется для повышения механических характеристик готовых изделий (как ранней, так и конечной прочности), в том числе и на основе гипсового вяжущего. Применение

добавки позволяет увеличить подвижность смеси, снизить усадку и ползучесть. Ввод Sika ViscoCrete-225 P осуществляется в сухое гипсовое вяжущее с тщательным перемешиванием смеси перед добавлением древесных опилок и воды. Введение добавки практически не влияет на процесс гидратации. Sika ViscoCrete-225 P имеет высокую степень адсорбации.

Использование добавки Sika ViscoCrete-225 P для повышения прочностных характеристик образцов древесно-гипсового композитного материала на основе гипсового вяжущего и древесных опилок происходило в определенном проценте от массы гипса, применяемого для изготовления образцов требуемых размеров, для дальнейшего испытания на прочность. Масса данной добавки определялась от массы гипса в определенных процентах: 0,12; 0,17; 0,19; 0,20; 0,23; 0,27; 0,30 и 0,33; показатели прочности – с помощью испытательного пресса ИП-500 АВТО (ЗИПО) [3]. Данные, полученные в ходе проведения испытаний для определения значения прочности на растяжение при изгибе и прочности на сжатие, систематизировались (рис. 1).

Анализируя влияние процентного содержания добавки Sika ViscoCrete-225 P в древесно-гипсовом композитном материале на прочность на растяжении при изгибе (см. рис. 1, а), сделан вывод, что рассматриваемая добавка приводит к ее увеличению. Однако стоит отметить, что из-за сложности действия добавки



**Рис. 1. Влияние процентного содержания добавки Sika ViscoCrete-225 P в древесно-гипсовом композитном материале на прочность: на растяжении при изгибе (а), при сжатии (б)**

выявить закономерности такого влияния не представляется возможным. Наибольшее значение предела прочности на растяжение при изгибе равно 1,22 МПа при добавлении 0,33 % добавки Sika ViscoCrete-225 P, что в 2,2 раза больше, чем у древесно-гипсового композита с оптимальным составом (0,55 МПа).

При анализе влияния процентного содержания добавки Sika ViscoCrete-225 P в древесно-гипсовом композитном материале на прочность при сжатии (см. рис. 1, б), видно, что уже при добавлении 0,12 % добавки Sika ViscoCrete-225 P происходит повышение прочности более чем в 1,5 раза, по сравнению с показателем прочности у древесно-гипсового композита с оптимальным составом (1,46 МПа). Дальнейшее увеличение процентного содержания добавки приводит к постепенному снижению прочности на сжатие образцов древесно-гипсового композитного материала. Из общей картины выбивается процентное содержание добавки в 0,33 %, при которой получена прочность на сжатие 1,84 МПа.

Одной из основных причин повышения прочности гипсового вяжущего при добавлении Sika ViscoCrete-225 P является улучшение адгезии между частицами гипса. Модифицирующий компонент способствует образованию более прочных межчастичных связей, что приводит к формированию более плотной и однородной структуры материала. Это в свою очередь уменьшает количество микротрещин и пор, повышая прочностные характеристики материала. Повышение пластичности гипса обуславливает образование более плотной структуры. Однако при повышении концентрации добавки более 0,12 % в процессе кристаллизации гипсового вяжущего образуется значительный избыток влаги, который снижает прочность изделий из древесно-гипсового композита.

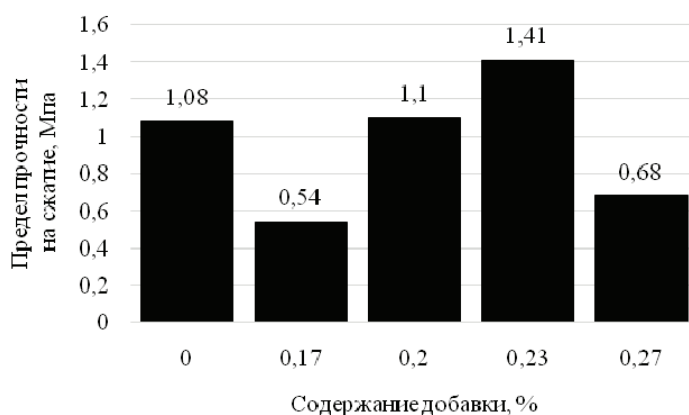
Чтобы уменьшить избыток влаги и, как следствие, повысить прочность, необходимо изменить соотношение компонентов композита. Для оценки возможности повышения прочностных характеристик древесно-гипсового композитного материала с использованием добавки Sika ViscoCrete-225 P путем снижения избытка влаги изготовлены образцы с измененным процентным содержанием исходных компонентов (табл. 1). Для данных образцов также с помощью испытательного пресса ИП-500 АВТО определены показатели прочности на сжатие и растяжение при изгибе. Данные, полученные в ходе проведения испытаний для определения значения прочности на сжатие, систематизировались и отображены на рис. 2.

Анализируя влияние процентного содержания добавки Sika ViscoCrete-225 P в древесно-гипсовом композитном материале с скорректированным составом на прочность на сжатие, сделан вывод, что рассматриваемая добавка приводит к увеличению прочности на сжатие относительно образцов без добавления модифицирующей добавки. Однако значения прочности на сжатие все же ниже, чем для образцов оптимального состава с добавлением модификатора, что открывает широкое поле для проведения исследований по поиску оптимального соотношения исходных компонентов и модифицирующей добавки с позиции уменьшения

Таблица 1

**Составы древесно-гипсового композитного материала**

Номер состава	Вода, %	Гипс марки Г16, %	Древесные опилки, %	Добавка Sika ViscoCrete-225 P, % от массы гипса
1	33	51	16	0,17
2	32	52		0,20
3	31	53		0,23
4	30	54		0,27



**Рис. 2. Влияние процентного содержания добавки Sika ViscoCrete-225 P в древесно-гипсовом композитном материале с измененным отношением воды к гипсу на прочность при сжатие**

количества избыточной влаги. Наибольшее значение предела прочности на сжатие (1,41 МПа) получается при добавлении 0,23 % добавки Sika ViscoCrete-225 P (состав № 3, табл. 1), что в 1,3 раза больше, чем у древесно-гипсового композита с оптимальным составом (1,08 МПа).

Из вышесказанного следует, что оптимальным процентом добавки Sika ViscoCrete-225 P для изготовления древесно-гипсового композитного материала с повышенными прочностными характеристиками, при изменении отношения компонентов воды и гипса, является 0,23 %.

### **Изучение зависимости механических характеристик древесно-гипсового материала с добавкой Sika ViscoCrete-225 P от пористости его структуры**

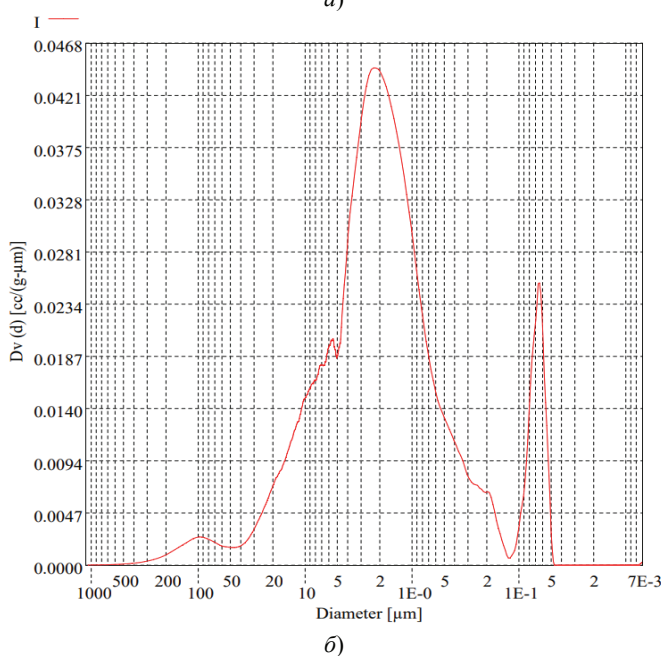
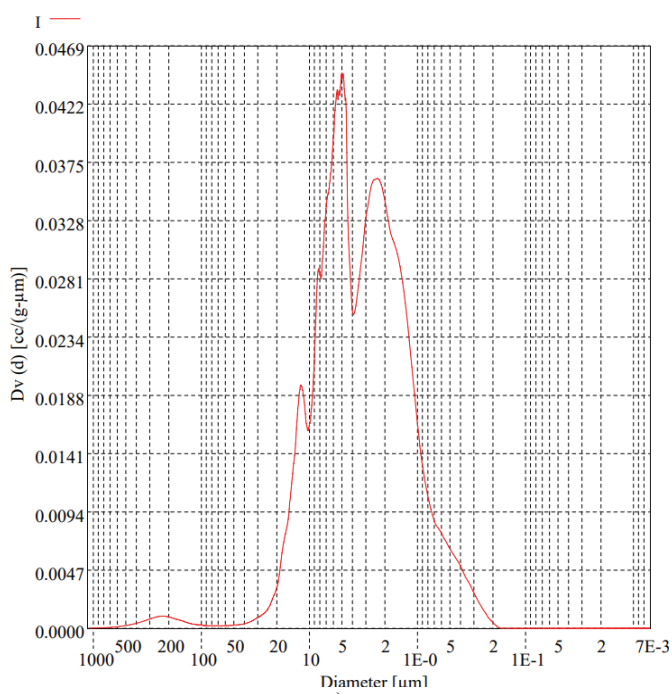
Для детального изучения влияния добавки на прочность композита необходимо учесть, что прочностные характеристики древесно-гипсового композитного материала напрямую зависят от его структуры, в том числе пористости. Для определения пористости структуры использовался метод ртутной порометрии, проводимый на приборе порозиметр ртутный Quantachrome PoreMaster 33 [4]. Метод ртутной порометрии заключается в нагнетании под растущим давлением внутрь пор композитного материала ртути, которая не смачивает материал, тем самым не меняет его изначальные характеристики пористой структуры [5]. Для проведения опыта взяты два образца: *первый* – древесно-гипсовый композит без добавки; *второй* – древесно-гипсовый композит с добавкой Sika ViscoCrete-225 P (состав № 3, см. табл. 1).

Для того чтобы провести точные испытания и получить достоверную информацию для дальнейшего анализа, созданы одинаковые условия для образцов:

- масса образцов 0,60 г;
- объем образцов 1,00 см<sup>3</sup>;
- температура измерений 20 °С;
- напряжение поверхности ртути 480,00 эрг/см<sup>2</sup>;
- угол контакта ртути 140,00°.

Напряжение поверхности ртути и угол контакта ртути на широком спектре твердых тел являются константами.

После завершения работы порозиметра прибор выдает отчет для каждого из образцов, включающий в себя два графика зависимости объема пор от их размеров: интегральный и дифференциальный. Графики интегральной зависимости



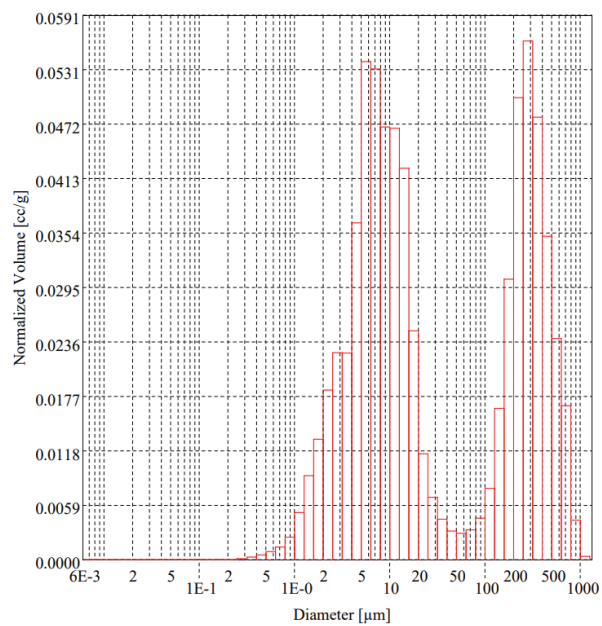
**Рис. 3. Графики интегральной зависимости объема пор от их размеров для образцов № 1 (древесно-гипсовый композит без добавки) (а) и № 2 (древесно-гипсовый композит с добавкой Sika ViscoCrete-225 P) (б)**

объема пор от их размеров для образца № 1 (древесно-гипсовый композит без добавки) и образца № 2 (древесно-гипсовый композит с добавкой Sika ViscoCrete-225 P) представлены на рис. 3.

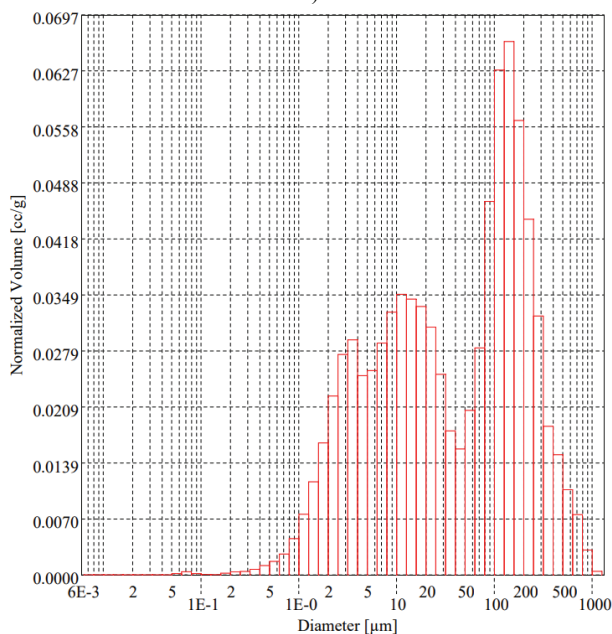
Графики дифференциальной зависимости объема пор от их размеров для образца № 1 (древесно-гипсовый композит без добавки) и образца № 2 (древесно-

гипсовый композит с добавкой Sika ViscoCrete-225 P) представлены на рис. 4, а их числовая интерпретация в табл. 2. На основании полученных данных по анализу диаметра пор можно выделить следующее:

– образец № 2 имеет меньший средний диаметр пор (7,381 мкм) по сравнению с образцом № 1 (8,045 мкм), что указывает на более мелкопористую структуру древесно-гипсового композитного материала при добавлении в него добавки;



а)



б)

**Рис. 4. Графики дифференциальной зависимости объема пор от их размеров для образцов № 1 (древесно-гипсовый композит без добавки) (а) и № 2 (древесно-гипсовый композит с добавкой Sika ViscoCrete-225 P) (б)**

Таблица 2

### Параметры пористой структуры

Диаметр пор, мкм	Образец № 1	Образец № 2
Минимальный	0,0071	0,0071
Максимальный	1077,8	1073,3
Средний	8,045	7,381
Модальный	4,89	2,28
Медианный	14,58	4,38

– модальный диаметр, характеризующий диаметр большинства пор, у образца № 2 (2,28 мкм) значительно меньше, чем у образца № 1 (4,89 мкм), что подтверждает преобладание более мелких пор в образце № 2;

– медианный диаметр, соответствующий диаметру, при котором масса всех частиц делится на две равные части (масса частиц, диаметр которых меньше медианного диаметра, равна 50 % массы всех частиц образца) у образца № 1 (14,58 мкм) намного выше, чем у образца № 2, что указывает на преобладание пор большего размера.

Анализ удельной площади поверхности показал, что образец № 2 имеет большую удельную площадь поверхности (0,3612 м<sup>2</sup>/г для образца № 1 и 0,4570 м<sup>2</sup>/г для образца № 2), что свидетельствует о развитой микропористой структуре, при этом образец № 1 имеет более плотную структуру с меньшим количеством микропор.

Это подтверждает и анализ объемной пористости – для образца № 1 данный показатель равен 38,62 %, а для образца № 2 – 55,07 %; межчастичная пористость (характеризующая объем пустот) образца № 1 равна 33,22 %, образца № 2 – 46,22 %; внутричастичная пористость, характеризующая сквозные или замкнутые поры, образца № 1 равна 5,39 %, № 2 – 8,85 %. Данные получены на основании объема введенной ртути: для образца № 1 – 0,7264 см<sup>3</sup>/г и № 2 – 0,8433 см<sup>2</sup>/г.

Кроме того, анализ структуры материала методом ртутной порометрии позволил получить данные распределения пор по размерам для каждого образца:

– № 1 – 0,0071...1077,8 мкм,

– № 2 – 0,0071...1073,3 мкм.

При этом основной диапазон размеров пор образца № 1 равен 7...15 мкм, а № 2 – 2...5 мкм.

Таким образом, образец № 2 имеет преимущественно мелкопористую структуру с основным диапазоном пор 2...5 мкм, что подходит для адсорбционных и фильтрующих применений, а образец № 1 имеет более крупные поры (7...15 мкм), тем самым делая его более пористым, что гораздо лучше подходит для изделий, где требуется более высокая теплоизоляция и меньший вес.

Несмотря на то что у большинства строительных материалов увеличение пористости структуры ведет к непосредственному уменьшению прочностных характеристик, в образцах древесно-гипсового композитного материала с содержанием добавки Sika ViscoCrete-225 P можно заметить прирост прочностных показателей, по сравнению с контрольным образцом без добавки. Это можно объяснить тем, что уменьшение размеров пор и их замкнутость, и, как следствие, уменьшение дефектов структуры материала, позволяют увеличить сопротивляемость образцов к внешним воздействиям. Также одним из важных параметров, способных сущест-



венно влиять на прочностные показатели образцов, является форма пор. Так как при добавлении рассмотренного модификатора улучшается адгезия между частицами гипса, а также образуются более прочные межчастичные связи, что приводит к формированию более плотной и однородной структуры материала, поры приобретают округлую форму, которая стремится к сферической. Данная форма пор позволяет максимально равномерно распределить внешнюю нагрузку на образец, что позволяет выдержать большее напряжение без разрушения.

Проанализировав полученные данные после проведения ртутной порометрии, сделан вывод, что образец №2 (древесно-гипсовый композит с добавкой Sika ViscoCrete-225 P) имеет более мелкопористую структуру.

### Заключение

Таким образом, на основании полученных данных выделены следующие особенности применения модифицирующей добавки при изготовлении древесно-гипсового композитного материала:

– оптимальным процентом добавки Sika ViscoCrete-225 P для изготовления древесно-гипсового композитного материала с повышенными прочностными характеристиками без изменения процентного соотношения исходных компонентов является 0,12 %. В данном случае показатель прочности на растяжение при изгибе увеличивается почти в 2,2 раза (с 0,55 МПа до 1,07 МПа), а значение прочности на сжатие увеличивается более чем в 1,5 раза (с 1,46 МПа до 2,56 МПа).

– введение в состав древесно-гипсового композитного материала модифицирующей добавки Sika ViscoCrete-225 P приводит к изменению процессов структурообразования, что позволяет получить мелкопористую структуру с равномерным распределением пор по объему материала. Это в свою очередь позволяет распределить действующие внутренние напряжения более равномерно, в связи с чем наблюдается повышение прочностных характеристик материала.

– изменение соотношения исходных компонентов древесно-гипсового композитного материала при использовании модифицирующей добавки Sika ViscoCrete-225 P сопровождается сложными процессами структурообразования и требует более широкого изучения.

*В работе применялось оборудование ЦКП НМНТ ТПУ, поддержанного проектом Минобрнауки России № 075-15-2021-710.*

### Список литературы

1. Пат. 2788603 Российская Федерация, МПК С04В 28/14. Древесно-гипсовый композит / Ерофеев А. В., Горохов Т. И., Ковалев Н. С., Горохов С. И. ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»; № 2022108904 ; заявл. 04.04.2022; опубл. 23.01.2023. Бюл. № 3. – 4 с.
2. Техническое описание продукта Sika® ViscoCrete®-225 P. – Текст электронный. – URL : <https://rus.sika.com/dms/getdocument.get/7532af7c-03ae-4d9c-a68b-9de2584cf559/sika-viscocrete-225p.pdf> (дата обращения: 18.02.2025).
3. Прессы испытательные гидравлические ИП-500 // РСЦИМ. Испытательные машины. – Текст электронный. – URL : <https://rscim.ru/uploads/pdf/ispitatelniepressi/ip-500.pdf?ysclid=m5htmlm36cw767286199> (дата обращения: 18.12.2024).
4. Quantachrome poremaster 33 – порозиметр ртутный // ГК «Новые технологии». – Текст электронный. – URL : <https://atnprn.nt-rt.ru/price/product/538598?ysclid=m5htz08c1t109960521> (дата обращения: 18.12.2024).



5. Определение размера пор методом ртутной порозиметрии // Институт фармакопеи и стандартизации в сфере обращения лекарственных средств. – Текст электронный. – URL : <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/1/1-1/1-1-2/opredelenie-razmera-por-metodom-rtutnoy-porozimetrii/> (дата обращения: 18.12.2024).

---

### **The Effect of Sika ViscoCrete-225 P Additive on Strength Characteristics of Wood-Gypsum Composite Material from the Position of Changing its Structure**

**T. I. Gorokhov, N. S. Kovalev✉, A. V. Erofeev**

*Department of Design of Buildings and Structures,  
kov.nik.01@mail.ru; TSTU, Tambov, Russia*

**Keywords:** wood-gypsum composite material; research; plasticizer; porosity; porosimetry; strength properties.

**Abstract:** A wood-gypsum composite material has been developed that has low strength characteristics, which can be increased by using modifying additives. The effect of the Sika ViscoCrete-225 P additive on the change in strength characteristics was studied. It was noted that the additive allows to reduce the non-uniform porosity of the composite material and, as a result, to increase its strength characteristics.

#### *References*

1. Yerofeyev A.V., Gorokhov T.I., Kovalev N.S., Gorokhov S.I. *Drevesno-gipsovyy kompozit* [Wood-gypsum composite], Russian Federation, 2023, Pat. 2788603. (In Russ.)
  2. available at: <https://rus.sika.com/dms/getdocument.get/7532af7c-03ae-4d9c-a68b-9de2584cf559/sika-viscocrete-225p.pdf> (accessed 18 February 2025).
  3. available at: <https://rscim.ru/uploads/pdf/ispitatelnie-pressi/ip-500.pdf?ysclid=m5htmlm36cw767286199> (accessed 18 December 2024).
  4. available at: <https://atnprn.nt-rt.ru/price/product/538598?ysclid=m5htz08c1t109960521> (accessed 18 December 2024).
  5. available at: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/1/1-1/1-1-2/opredelenie-razmera-por-metodom-rtutnoy-porozimetrii/> (accessed 18 December 2024).
- 

### **Auswirkung des Zusatzmittels Sika ViscoCrete-225 P auf die Festigkeitseigenschaften des Holz-Gips-Verbundwerkstoffes in Bezug auf die Veränderungen in seiner Struktur**

**Zusammenfassung:** Es ist ein Holz-Gips-Verbundwerkstoff entwickelt, der geringe Festigkeitseigenschaften aufweist, die durch den Einsatz von modifizierenden Additiven verbessert werden können. Die Wirkung des Additivs Sika ViscoCrete-225 P auf die Änderung der Festigkeitseigenschaften ist untersucht. Es ist darauf hingewiesen, dass das Additiv es ermöglicht, die ungleichmäßige Porosität des Verbundmaterials zu verringern und dadurch seine Festigkeitseigenschaften zu verbessern.

**Effet de l'additif Sika ViscoCrete-225 P sur les caractéristiques  
de résistance du matériau composite bois-gypse du point  
de vue de la modification de sa structure**

**Résumé:** Est mis au point un matériau composite bois-gypse qui présente des caractéristiques de faible résistance qui peuvent être améliorées par l'utilisation d'additifs modificateurs. Est étudié l'effet de l'additif Sika ViscoCrete-225 P sur la modification des caractéristiques de résistance. Il est à noter que l'additif permet de réduire la porosité inhomogène du matériau composite et, par conséquent, d'augmenter ses performances de résistance.

---

**Авторы:** *Горохов Тимофей Иванович* – аспирант кафедры «Конструкции зданий и сооружений»; *Ковалев Никита Святославович* – магистрант; *Ерофеев Александр Владимирович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструкции зданий и сооружений», ФГБОУ ВО «ТГТУ», Тамбов, Россия.

**Для заметок**