

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **042835**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.03.29**

(51) Int. Cl. **C04B 7/13 (2006.01)**

(21) Номер заявки  
**202000053**

(22) Дата подачи заявки  
**2019.12.18**

---

(54) **ВЯЖУЩЕЕ НИЗКОЙ ВОДОПОТРЕБНОСТИ**

---

(43) **2021.06.30**

(56) RU-C1-2387607  
RU-C1-2379240  
BY-C1-19465  
BY-C1-2575  
CN-A-101817667

(96) **2019/ЕА/0105 (ВУ) 2019.12.18**  
(71)(72)(73) Заявитель, изобретатель и  
патентовладелец:

**АРТАМОНОВ АНАТОЛИЙ  
МИХАЙЛОВИЧ; НОВИЦКИЙ  
АНДРЕЙ ЛЕОНИДОВИЧ (ВУ)**

(74) Представитель:  
**Самцов В.П. (ВУ)**

(57) Изобретение относится к технологии приготовления вяжущих композиционных материалов низкой водопотребности (ВНВ) на основе портландцементного клинкера и может быть использовано при производстве самоуплотняющихся, высокопрочных и высококачественных бетонов для строительных конструкций. Технический результат изобретения характеризуется применением механоактивированных тонкомолотых ультрадисперсных компонентов гранитоидных пород путем гравитационно-аэродинамической каскадной сепарации гранитоидной сырьевой смеси. Вяжущее низкой водопотребности (ВНВ) включает портландцементный клинкер, минеральную добавку и водопонижающий компонент. Согласно изобретению в ВНВ введены тонкомолотые компоненты ультрадисперсных гранитоидных пород фракций от 0,0001 до 160 мкм химического состава, мас. %: SiO<sub>2</sub> - 50-65; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 7-17,2; Na<sub>2</sub>O - 2,2-5,4; MgO - 2,75-5,8; K<sub>2</sub>O - 3,4-4,6; CaO - 4,0-7,3; TiO<sub>2</sub> - 0,7-1,8; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 5,1-6,1; SO<sub>3</sub> - 0,1-0,3; Cl - 0,06-0,3; BaO - 0,1-0,5; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 0,2-0,9; ппп - 0,5-1,9 с пуццолановой активностью от 80 до 180 мг/г, а водопонижающий компонент входит в виде порошкообразного поликарбоксилатного пластификатора при следующем содержании компонентов, мас. %: портландцементный клинкер ЦЕМ I - 70-90; тонкомолотые гранитоидные породы - 10-30; порошкообразный поликарбоксилатный пластификатор - 0,5-2,0.

**B1**

**042835**

**042835**

**B1**

### Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к технологии приготовления вяжущих композиционных материалов низкой водопотребности (ВНВ) на основе портландцементного клинкера и может быть использовано при производстве самоуплотняющихся, высокопрочных и высококачественных бетонов для строительных конструкций.

### Предпосылки создания изобретения

Известен композиционный состав вяжущего низкой водопотребности (ВНВ) путем введения водного раствора суперпластификатора в гидравлический цемент при его измельчении в количестве 0,6-1,0 вес.% в расчете на сухое вещество суперпластификатора [1].

Вводимая вместе с раствором суперпластификатора вода ухудшает условия помола и технические показатели конечного ВНВ.

Известно также вяжущее ВНВ, получаемое совместным помолом портландцементного клинкера и обожженных глиен [2].

Известен состав вяжущего низкой водопотребности (ВНВ), включающий щелочесодержащий портландцементный клинкер с сульфатно-кальциевым ингредиентом, минеральный кремнеземистый наполнитель, модификатор, содержащий органический водопонижающий реагент, причем на 100 мас.ч. портландцемента берут 5-850 мас.ч. минерального кремнеземистого наполнителя, взятого из группы: гранулированный доменный шлак, зола-унос, вулканический пепел, пемза, туф, кварцевый песок, полевошпатный песок, высевки от дробления гранита, хвосты обогащения руд, стеклобой, кирпичный бой, керамзитовая или стеклокерамзитовая пыль и др., 0,6-2,5 мас.ч. органического водопонижающего реагента, взятого из группы: соли щелочных и/или щелочноземельных металлов продукта конденсации нафталинсульфокислоты с формальдегидом или продукта конденсации меламинсодержащих смол с формальдегидом, или комплексные соли щелочноземельных металлов и серной и/или азотной, и/или муравьиной, и/или уксусной кислот и низкомолекулярных сахаридов с числом атомов углерода 3-5 [3].

Недостатками известного состава ВНВ являются повышенная водопотребность при нормальной густоте цемента, недостаточно высокие реологические характеристики цементных систем, а именно высокое предельное напряжение сдвига, небольшой распыл цементных систем, а также их невысокая прочность. Это объясняется использованием в их составе кремнеземистых минеральных наполнителей, в которых доля оксида кремния превышает 80%, отличающихся высокой влагоемкостью, что ведет к повышению водопотребности цементных систем и ухудшению их реологических характеристик. На поверхности твердой фазы указанных компонентов образуется сольватная оболочка, состоящая из адсорбционно-связанной воды, по объему сопоставимой с объемом частицы. При этом количество свободной воды, предопределяющей текучесть цементных систем, сокращается на величину, сопоставимую с объемом минерального наполнителя. Поэтому с увеличением доли кремнеземистого наполнителя в цементе требуемая подвижность бетонной смеси достигается при более высокой его водопотребности. С увеличением кремнеземистого минерального наполнителя до 70% нормальная густота теста возрастает до 20,8%, а водоредуцирующая способность водопонижающего реагента в цементе низкой водопотребности снижается до 20%.

Известен состав вяжущего низкой водопотребности (ВНВ), способ приготовления которого включает перемешивание портландцементного клинкера, гипса, активной минеральной добавки на основе глинистых соединений и суперпластификатора [4].

Недостатком указанного ВНВ является то, что активные минеральные добавки, имеющие слоистую структуру типа глиен, характеризуются высоким коэффициентом размалываемости и при одинаковых условиях помола удельная поверхность этой добавки значительно превышает удельную поверхность клинкерного компонента вяжущего. В результате, ухудшаются условия протекания механохимической реакции между клинкером и суперпластификатором, а удельная поверхность вяжущего в целом оказывается очень высокой, хотя сам клинкер измельчен как в обычном портландцементе. Одновременно растет водовяжущее отношение композиций на основе получаемого по известному решению вяжущего и не удается достичь высоких показателей растворных и бетонных смесей по прочности и долговечности (например, морозостойкости), характерных для составов вяжущего с активной минеральной добавкой, близкой по своей размолоспособности к клинкеру (доменный граншлак-доменный гранулированный шлак из доменных шлаковых расплавов). Указанное обстоятельство не позволило получать составы ВНВ с глинистыми активными минеральными добавками с содержанием этой добавки в составе вяжущего более 15% и характерными для ВНВ низкими показателями водовяжущего отношения и высокими показателями по прочности и долговечности.

Известен состав вяжущего низкой водопотребности (ВНВ) при следующем соотношении компонентов, мас. %: портландцемент - 50-70, карбонатсодержащий материал - 30-50, органический водопонижающий реагент - 0,3-3,0 сверх 100%. Способ получения которого включает совместный помол портландцемента с органическим водопонижающим реагентом до удельной поверхности 400-700 м<sup>2</sup>/кг и их помол с добавлением минерального наполнителя карбонатсодержащего материала с долей карбоната кальция не менее 60 мас.% до указанной удельной поверхности [5].

Технический результат - дополнительное уменьшение водопотребности, повышение плотности цементного теста, прочности цементного камня, улучшение реологических характеристик.

Недостаток - усложнение технологии получения ВНВ и повышенная энергоемкость процесса.

Выявленное в качестве прототипа по своей технической сущности известно композиционное вяжущее низкой водопотребности (ВНВ), в состав которого входит портландцементный клинкер, гипс, суперпластификатор и минеральная добавка - обожженный при 550-950°C глинистый сланец, имеющий следующий химический состав (мас. %):  $\text{SiO}_2$  - 50-54;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 18-22;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - 9-10;  $\text{CaO}$  - 0,5-0,9;  $\text{MgO}$  - 2-4;  $\text{R}_2\text{O}$  - 1,5-2,5;  $\text{TiO}_2$  - 0,5-1,2; не идентифицированные примеси - остальное [6].

Для приготовления ВНВ сначала измельчают смесь портландцементного клинкера, гипса и суперпластификатора до удельной поверхности 3000-3500  $\text{см}^2/\text{г}$ , затем полученное промежуточное вяжущее доизмельчают с указанным обожженным глинистым сланцем таким образом, что в конечном ВНВ удельная поверхность клинкерного компонента составляет 4000-5500  $\text{см}^2/\text{г}$ , а удельная поверхность обожженного глинистого сланца - 6000-9000  $\text{см}^2/\text{г}$ .

Сущность изобретения заключается в том, что при получении промежуточного вяжущего путем совместного помола клинкера, гипса и суперпластификатора помол ведут таким образом, чтобы примерно 70-80 мас. суперпластификатора вступило в механохимическую реакцию с портландцементным клинкером, что соответствует величине удельной поверхности промежуточного вяжущего 3000-3500  $\text{см}^2/\text{г}$ . При полном механохимическом связывании суперпластификатора величина удельной поверхности клинкерного компонента вяжущего низкой водопотребности составит 4000-5500  $\text{см}^2/\text{г}$ , а глинистого компонента - 6000-9000  $\text{см}^2/\text{г}$ , и именно при таких условиях мы имеем самые высокие физико-технические показатели вяжущего. Если величина удельной поверхности вяжущего будет менее 3000  $\text{см}^2/\text{г}$ , то в дальнейшем суперпластификатора не хватит для механической реакции с клинкерными частичками (он израсходуется на взаимодействие с частичками обожженного глинистого сланца), если эта величина будет более 3500  $\text{см}^2/\text{г}$ , то суперпластификатора для взаимодействия с частичками сланца почти не останется.

В обоих случаях значительно возрастет величина водовяжущего отношения у конечного ВНВ и показатели прочности и долговечности ухудшаются. В качестве суперпластификатора могут быть использованы поликонденсат нафталинсульфокислоты с формальдегидом, поликонденсаты сульфометилированного меламина с формальдегидом, их смеси между собой или с техническими лигносульфонатами, иные вещества, соответствующие по своему эффекту воздействия на бетонную смесь и бетон требованиям, предъявляемым к классу химических добавок "суперпластификаторы". Портландцементный клинкер и гипс - это вещества, обычно используемые в цементной промышленности и соответствующие принятым в ней стандартам.

Изобретение характеризует возможность разработки последовательности операций, позволяющих получать ВНВ с высоким содержанием глинистого компонента и основными показателями на уровне соответствующих показателей ВНВ с активными минеральными добавками типа доменного гранулированного шлака, близкого по своей размолоспособности к клинкеру. Это приводит к повышенной энергоемкости процесса и усложнению технологии. Недостаток - значительные усадочные деформации, примерно на 40% выше, чем у цементного камня из рядового портландцемента на основе того же клинкера.

Недостатки известного уровня приводят к дополнительным многодельным материальным и энергозатратам, так как в одних технологиях применяют дополнительное совместное измельчение компонентов состава ВНВ в форме кускового минерального сырья и связующего, в других технологиях применяют отходы переработки высевок от дробления гранита в качестве сырья для производства ВНВ, фракции которых отсеивают на ситах, что неоправданно в отношении энергозатрат.

В основу изобретения поставлена задача снижения многодельных энергетических затрат при получении ВНВ путем замены исходных сырьевых компонентов на отходы производства гранитоидных пород с увеличением доли ультрадисперсных тонкомолотых гранитоидных пород фракций от 0,0001 до 160 мкм в портландцементе с пуццолановой активностью, обеспечивающей требуемую подвижность бетонной смеси.

#### **Краткое изложение сущности изобретения**

Исходя из уровня техники, целесообразным является решение задачи разработки состава вяжущего низкой водопотребности ВНВ с применением высокоэффективных поликарбоксилатных добавок в комплексе с активными минеральными добавками на основе ультрадисперсных фракций горных пород, что позволяет путем улучшения технологичности максимально реализовать потенциал обеих групп добавок, а также повысить подвижность бетонной смеси при ее укладке на основе новой рецептуры ВНВ, что повышает экономический эффект и улучшает экологию за счет снижения расхода цемента и увеличения долговечности бетона при одновременной утилизации побочных продуктов промышленности.

Задачей, решение которой обеспечивает изобретение на комплексный ВНВ для бетона по изобретению - создание ВНВ, позволяющее вводить его в бетон непосредственно на месте выполнения работ и получать бетонную смесь, обладающую способностью повышения подвижности бетонной смеси при снижении коэффициента использования цемента в бетоне, высокой его текучестью в течение длительного времени, является также и повышение прочности бетонов, исключаящее изготовление ВНВ в виде водной суспензии и разработка ВНВ на базе более дешевых компонентов.

Техническая задача реализуется техническим результатом, определяющим новое свойство, улучшающее технические характеристики ВНВ, проявляющиеся при использовании изобретения в виде раз-

работки и создания технологии на основе улучшения строительного продукта.

Техническая задача, на решение которой направлено изобретение, заключается в создании объекта, характеристики которого удовлетворяют заданным требованиям к процессу производства ВНВ путем использования отсевов гранитоидных пород в ВНВ в виде тонкомолотых ультрадисперсных гранитоидных пород фракций от 0,0001 до 160 мкм заданного химического состава с пуццолановой активностью от 80 до 180 мг/г. Новая технология является энергетически экономичной.

Техническая задача реализуется техническим результатом, определяющим новое свойство, улучшающее технические характеристики строительных бетонов, проявляющиеся при использовании изобретения в виде разработки ВНВ и создания технологии получения ВНВ.

Сущность изобретения выражается новой совокупностью признаков, необходимых и достаточных для осуществления изобретения с достижением указанного технического результата и реализована тем, что в вяжущее низкой водопотребности (ВНВ), включающее портландцементный клинкер, минеральную добавку и водопонижающий компонент, согласно изобретению введены тонкомолотые компоненты ультрадисперсных гранитоидных пород фракций от 0,0001 до 160 мкм химического состава, мас. %: (SiO<sub>2</sub> - 50-65; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 7-17,2; Na<sub>2</sub>O - 2,2-5,4; MgO - 2,75-5,8; K<sub>2</sub>O - 3,4-4,6; CaO - 4,0-7,3; TiO<sub>2</sub> - 0,7-1,8; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 5,1-6,1; SO<sub>3</sub> - 0,1-0,3; Cl - 0,06-0,3; BaO - 0,1-0,5; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 0,2-0,9; ппп - 0,5-1,9) с пуццолановой активностью от 80 мг/г, при следующем содержании компонентов, мас. %:

портландцементный клинкер ЦЕМ I - 70-90,  
тонкомолотые гранитоидные породы - 10-30,  
порошкообразный поликарбоксилатный пластификатор - 0,5-2,0.

Вяжущее низкой водопотребности содержит механоактивированные тонкомолотые компоненты ультрадисперсных гранитоидных пород.

Технический результат изобретения характеризуется применением механоактивированных тонкомолотых компонентов гранитоидных пород путем гравитационно-аэродинамической каскадной сепарации гранитоидной сырьевой смеси с числом Fr-(Фруда) не менее 6-9 для полной гомогенизации тонкомолотой гранитоидной породы, а также снижением энергетических затрат при получении ВНВ, следствием чего наблюдается увеличение выхода ВНВ и улучшение качества производимого бетона.

Установлено, что заявленное техническое решение не следует явным образом из известного уровня техники. Следовательно, изобретение соответствует критерию "изобретательский уровень".

#### **Подробное описание предпочтительного примера осуществления изобретения**

Изобретение реализуют следующим образом. Сущность предлагаемого изобретения будет понятнее из рассмотрения конкретного примера его осуществления. Готовят образцы активированных ультрадисперсных пылевидных фракций отсевов гранитоидных пород техногенного происхождения основного щебеночного производства, составляющих сырье ВНВ, которые имеют размер частиц в 100-1000 раз меньше агрегатов зерен основных минералов щебеночного производства. При этом вяжущее низкой водопотребности (ВНВ) по изобретению включает портландцементный клинкер, минеральную добавку и водопонижающий компонент. Согласно изобретению в вяжущее низкой водопотребности (ВНВ) введены тонкомолотые компоненты ультрадисперсных гранитоидных пород фракций от 0,0001 до 160 мкм химического состава, мас. %: (SiO<sub>2</sub> - 50-65; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 7-17,2; Na<sub>2</sub>O - 2,2-5,4; MgO - 2,75-5,8; K<sub>2</sub>O - 3,4-4,6; CaO - 4,0-7,3; TiO<sub>2</sub> - 0,7-1,8; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 5,1-6,1; SO<sub>3</sub> - 0,1-0,3; Cl - 0,04-0,3; BaO - 0,1-0,5; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 0,2-0,9; ппп - 0,5-1,9) с пуццолановой активностью от 80 мг/г, при следующем содержании компонентов, мас. %:

портландцементный клинкер ЦЕМ I - 70-90,  
тонкомолотые гранитоидные породы - 10-30,  
порошкообразный поликарбоксилатный пластификатор - 0,5-2,0.

В вяжущем низкой водопотребности (ВНВ) тонкомолотые компоненты ультрадисперсных гранитоидных пород предпочтительно применены механоактивированные путем гравитационно-аэродинамической сепарации при усредненном химическом составе, мас. %: (SiO<sub>2</sub> - 53,24; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 13,69; Na<sub>2</sub>O - 3,35; MgO - 5,14; K<sub>2</sub>O - 3,67; CaO - 6,59; TiO<sub>2</sub> - 1,26; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 9,48; SO<sub>3</sub> - 0,30; Cl - 0,3; BaO - 0,17; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 0,88; ппп - 1,82) с пуццолановой активностью до 180 мг/г.

Тонкомолотые компоненты ультрадисперсных гранитоидных пород могут быть введены в ВНВ в составе метадиабазов с содержанием петрогенных окислов, сопоставимых с базальтами и андезибазальтами субщелочного ряда, при этом компоненты гранитоидных пород применены механоактивированные с числом Fr-(Фруда) не менее 6-9 в течение 3,0-90 мин. Тонкомолотые ультрадисперсные гранитоидные породы в составе метадиабазов с содержанием петрогенных окислов, сопоставимых с базальтами и андезибазальтами субщелочного ряда, были также введены в ВНВ в составе диоритов (64-79), гранитов (4-14), гранодиоритов (6,3-8,5), метадиабазов (4,3-6,4).

В ВНВ для ускорения схватывания цемента может быть введен хлорид кальция, CaCl<sub>2</sub> - 0,8-2,0.

Пример.

На основании отсева дробления горных пород (ГРАНОТСЕВ - 2019 г.) получены согласно изобретению пробы тонкомолотых компонентов ультрадисперсных гранитоидных пород фракций от 0,0001 до 160 мкм заданного химического состава (мас. %) и проведены сравнительные испытания ВНВ (табл. 1-4).

Разработаны составы и проведены сравнительные испытания на прочность бетонов различных ма-

рок с применением различного химсостава рецептур ВНВ по изобретению с условным обозначением МП20-МП60 и по СНиП 82-02-95, аналогичных прототипу. Данные сведены в табл. 1.

Таблица 1

№ п.п.	Вх. № по журналу	Дата отбора пробы	Дата исполнения	Содержание оксидов, %														ппп	№ партии	Заказчик
				Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	Cl	BaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>					
1	385 от 04.09.19	04.09.19	06.09.19	4,00	3,04	13,89	60,87	4,19	4,88	0,75	6,17	0,21	0	0,17	0,50	0,99		МКЗ		
2	417 от 09.09.19	09.09.19	11.09.19	4,10	3,03	14,22	60,52	4,04	5,02	0,78	6,14	0,20	0	0,15	0,57	0,88	1053	Вх. контр.		
3	МП20 от 10.09.19	09.09.19	12.09.19	3,35	5,14	13,69	53,24	3,67	6,59	1,26	9,48	0,30	0,3	0,17	0,88	1,82		Коледис, Минск (Ращевя)		
4	432 от 10.10.19			2,2-5,4	2,75-5,8	7-17,2	50-65	3,4-4,6	4,0-7,3	0,7-1,8	5,1-6,1	0,1-0,3	0,06-0,3	0,1-0,5	0,2-0,9	0,5-1,9				

Разработаны составы и проведены сравнительные испытания на прочность бетонов различных марок с применением рецептур ВНВ по изобретению и по СНиП 82-02-95, аналогичных прототипу. Данные сведены в табл. 2.

Таблица 2

Расход по СНиП 82-02-95		441,6	373,5	441,6	441,6	506	441,6	441,6	700	750	600	570	670	700
Рецептура	Цемент М500Д0, кг	300	280	300	280	350	340	330	400	400	340	340	350	380
	МП 20 20 мкм, кг	40		40	60	60					60	60	60	100
	МП 60 60 мкм, кг		60				50	50	60		360	360	70	195
	Поликарбонат, кг	1,5	1,4	1,5	1,4	2,1	2,0	1,8	2,8	2,8	2,04	2,04	2,1	3,04
	Щебень 5-20 мм	960	960	960	960	940	955	955	1040	1040	1050	1050	1080	835
	Песок Мкр=2,2	900	920	900	920	880	900	900	790	790	400	400	730	300
Вода	180	180	170	180	170	180	180	150	145	165	165	150	170	
Прочность, МПа	7 сут.	26,5	26,3	29,8	24,5	40,8	34,5		59,8	63,4				
	14 сут.	39,4	35,3	45,2	38,5	55,2	45,6		62,6	67,4				
	28 сут.	50,5	42,6	50,5	45	57,6	52,8	45	67,8	76,6	58,6	57,1	67	75
В/ВНВ	0,527	0,52	0,49	0,52	0,41	0,459	0,47	0,324	0,313	0,21	0,21	0,35	0,25	
Класс бетона	B35	B30	B35	B35	B40	B35	B35	B50	B55	B45	B45	B50	B55	
	П4-П15	П4-П15	П4-П15	П4-П15	П4-П15	П4-П15	П4	П3	П3	П3	П3	П2	П3	

Проводимые опыты в камерах с адиабатически регулируемой температурой хранения показали расход цемента при изготовлении образцов бетонов В30-В55 по данным, которые сведены в табл. 2: расход цемента на один кубический метр бетона по СНиП и по изобретению снизился, соответственно на 20-30% с (441,6-700) кг/м<sup>3</sup> до (280-400) кг/м<sup>3</sup>.

Как следует из протокольных испытаний табл. 1 (отсев дробления горных пород: гранотсев - 2019 г., п/п 1-2) введение в состав ВНВ тонкомолотых ультрадисперсных гранитоидных пород фракций от 0,0001 до 160 мкм химического состава (SiO<sub>2</sub> - 50,0-65,0; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 7,0-17,2; Na<sub>2</sub>O - 2,2-5,4; MgO - 2,75-5,8; K<sub>2</sub>O - 3,4-4,6; CaO - 4,0-7,3; TiO<sub>2</sub> - 0,7-1,8; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 5,1-6,1; SO<sub>3</sub> - 0,1-0,3; Cl - 0,06-0,3; BaO - 0,1-0,5; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 0,2-0,9) позволяет получать ВНВ с пуццолановой активностью от 80 мг/г.

Введение в состав ВНВ (отсев дробления горных пород: гранотсев - 2019 г., п. 4) тонкомолотых ультрадисперсных компонент гранитоидных пород механоактивированных путем гравитационно-аэродинамической сепарации до фракций от 0,0001 до 160 мкм при усредненном химическом составе, мас. %: (SiO<sub>2</sub> - 53,24; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 13,69; Na<sub>2</sub>O - 3,35; MgO - 5,14; K<sub>2</sub>O - 3,67; CaO - 6,59; TiO<sub>2</sub> - 1,26; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 9,48; SO<sub>3</sub> - 0,30; Cl - 0,3; BaO - 0,17; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 0,88; ппп - 1,82), позволяет получать ВНВ с пуццолановой активностью до 180 мг/г.

Общезвестно, что одной из лучших пуццолановых добавок, с точки зрения роста прочности цемента и бетона, является летучая зола. Применение в составе ВНВ тонкомолотых компонентов ультрадисперсных гранитоидных пород механоактивированных путем гравитационно-аэродинамической сепарации фракций 0,0001-160 мкм с пуццолановой активностью до 180 мг/г сопоставимо с фракцией летучей золы с пуццолановой активностью до 120 мг/г, но при этом значительно превышает летучую золу.

Очевидно, что термическая усадка бетона с применением ВНВ по изобретению после охлаждения его до средней постоянной температуры должна быть меньше, например, весьма важное свойство для массивных сооружений, причем новый пуццолановый цемент по изобретению показал гораздо большую степень пластической деформации при постоянной температуре.

Таким образом, промышленное применение в составе ВНВ по изобретению в качестве пуццолановой добавки тонкомолотых ультрадисперсных компонентов гранитоидных пород путем гравитационно-аэродинамической сепарации фракций 0,0001-160 мкм весьма перспективно.

Усадка при высыхании у бетона из пуццоланового цемента по изобретению, по сравнению с высококачественными пуццоланами, не на много выше, чем у такого же бетона из чистого портландцемента, причем пуццолановый цемент показал гораздо большую степень пластической деформации при постоянной температуре.

Результаты технико-экономических испытаний полученных составов ВНВ по изобретению, в соответствии с перераспределением по ним ингредиентов, в сравнении с показателями прототипа приведены в табл. 3.

Химический состав по фракциям крупности изменяют в соответствии с перераспределением по ним минералов по табл. 3 в сравнении с показателями прототипа.

Таблица 3

№ п.п.	Состав композиции, масс. %	пуццолановая активность мг/г	расход цемента на 1 м <sup>3</sup> бетона	Прочность на сжатие, Мпа	Энергозатраты, расход уд. топлива кг/МПа на м <sup>3</sup> бетона
1	2	3	4	5	6
2	Прототип: портландцементный клинкер 70-93, гипс 3-5, минеральная добавка 1,4-25, суперпластификатор 1-2	30	350	38	1,76
<b>Составы по изобретению</b>					
3	- портландцементный клинкер ЦЕМ I -90 - ультрадисперсные гранитоидные породы -10 Порошкообразный поликарбонат -0,5	80	280	42	1,27
4	- портландцементный клинкер ЦЕМ I -70 - ультрадисперсные гранитоидные породы -30 Порошкообразный поликарбонат -2,0	120	280	44	1,21
5	- портландцементный клинкер ЦЕМ I -80 - ультрадисперсные гранитоидные породы -20 Порошкообразный поликарбонат -2,8	160	280	48	1,11
<b>Составы, выходящие за пределы формулы по изобретению</b>					
6	- портландцементный клинкер ЦЕМ I -95 - ультрадисперсные гранитоидные породы -5,0 Порошкообразный поликарбонат -0,4	70	280	40	1,34
7	- портландцементный клинкер ЦЕМ I -60 - ультрадисперсные гранитоидные породы -40 Порошкообразный поликарбонат -2,5	50	280	25	2,13

Как следует из экспериментальных данных, приведенных в табл. 3, предложенная композиция ВНВ по изобретению превосходит прототип. Пуццолановая активность повысилась до 180 мг/г, расход удельного топлива на 1 МПа прочности в 1 м<sup>3</sup> бетона снизился с 1,76 до 1,11 кг/МПа.

Таблица 4

## Испытания с ЦЕМ II 42,5 и ЦЕМ I 52,5

		Планируемые В30 ЦЕМ II 42,5		Планируемые В50 ЦЕМ I 52,5		
		300	320	400	380	400
ВНВ	Цемент, кг	300	320	400	380	400
	МН 20, кг	50	60	60	100	60
	Поликарбонат, VC 5600, %/кг	0,6%	0,6%	0,8%	0,8%	0,6%
		1,8	1,92	3,2	3,04	2,4
Песок, кг		890	880	790	820	790
Щебень 5-20, кг		960	950	1040	980	1040
Вода, л		170	170	170	190	180
ОК	0 часов	23	22	24	20	20,5
	1 час	18	13	24	17	18
	2 часа	16	12	17	12	13
Погружение (р), см		2,41	2,43	2,43	2,45	2,45
Прочность на сжатие, %/МПа	7 дней	88%	84%	88%	97%	85%
		34,7	33	57,2	63	55,8
	28 дней	108%	116%	115%	120%	108%
		42,5	45,6	74,7	78,8	70,9
Полученные марки бетона		В30-В35	В35	В55	В60	В50

Как следует из протокольных испытаний бетонов по изобретению с ВНВ на цементах марок ЦЕМ II 42,5 и ЦЕМ I 52,5 прочность повысилась на 20% выше по сравнению с бетонами без ВНВ (табл. 4).

Проводимые опыты в камерах с адиабатически регулируемой температурой хранения показали расход цемента при изготовлении образцов бетонов В30-В55 по данным, которые сведены в табл. 2 и 4: расход цемента на 1 м<sup>3</sup> по СНиП и по изобретению снизился соответственно на 20-30% с (441-700) кг/м<sup>3</sup> до (280-400) кг/м<sup>3</sup>.

На основании сопоставительных испытаний (табл. 2-4) следует, что известный уровень техники, как и прототип, приводят к дополнительным многодельным материальным затратам, следовательно, и к энергозатратам, так как в одних технологиях применяют дополнительное совместное измельчение компонентов состава ВНВ в форме кускового минерального сырья и связующего с получением промежуточного вяжущего, фракции которого отсеивают на ситах, затем полученное промежуточное вяжущее доизмельчают, например, с указанным обожженным глинистым сланцем, что в конечном неоправданно в отношении энергозатрат при получении ВНВ.

В результате механохимической активации по изобретению тонкомолотых ультрадисперсных компонентов гранитоидных пород механоактивированных путем гравитационно-аэродинамической сепарации фракций до 0,0001-160 мкм ВНВ приобретает уникальные, специфические свойства пуццоланцемента, отличающие его от стандартного портландцемента. Получается материал, который превосходит свойства стандартного портландцемента примерно в 1,5 раза.

ВНВ характеризуется  
 высокой ультрадисперсностью (удельная поверхность 4000-5000 см<sup>2</sup>/г);  
 низкой водопотребностью - нормальная густота ВНВ теста в среднем 18,0-20,0%, при том, что у портландцемента М400 и М500 нормальная густота цементного теста составляет 24,5-27,0%;  
 существенным замедлением процессов структурообразования в первые 2-4 ч после затворения, с последующей интенсивной кристаллизацией и твердением;  
 активностью по показателю прочности до 100 МПа.  
 Основные преимущества:  
 пониженная на 25-30% водопотребность растворных и бетонных смесей при равной подвижности;  
 длительное сохранение активности и интенсивный набор прочности цементного камня и бетона на его основе в различные, в том числе и ранние, сроки твердения;  
 высокая интенсивность набора прочности бетонов на основе ВНВ позволяет отказаться от тепло-влажностной обработки и получить необходимую для распалубки прочность в течение 18-24 ч;  
 повышенная на 2-3 класса морозостойкость по сравнению с бетонами на портландцементе вследствие мелкопористой структуры бетона;  
 обеспечением класса прочности бетона от В60 до В100;  
 высокой сульфатостойкостью (коэффициент сульфатостойкости не ниже, чем у сульфатостойкого цемента);  
 пониженным тепловыделением при твердении.  
 Для ВНВ характерна пониженная по сравнению с портландцементом степень гидратации алита как в раннем возрасте, так и при длительном твердении. ЦЕМ I - портландцемент с ультрадисперсными минеральными добавками.

Одно из преимуществ ВНВ - длительное сохранение активности и интенсивный набор прочности цементного камня и бетона на его основе в различные, в том числе, и ранние сроки твердения. Хранение (до 180 суток) такого вяжущего ВНВ-30-ВНВ-100 в бумажных мешках не приводит к изменению показателей дисперсности, водопотребности и прочности. Бетоны на основе ВНВ из высокоподвижных бетонных смесей характеризуются высокой морозостойкостью и трещиностойкостью.

Промышленное применение изобретения проявляется в совмещении в единую технологию производственных процессов механоактивации, гомогенизации и использования ультрадисперсных гранитоидов на основе отсевов щебеночного производства.

Промышленное использование объекта промышленной собственности запланировано на территории Беларуси и стран СНГ.

#### Источники информации

1. SU № 1658585, C04B 7/52, 1991.
2. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества. - М., 1978, с. 372-380.
3. SU 2207995 C04B 7/52, 10.07.2003.
4. US 4640715, C04B 7/00, 1987.
5. RU 2379240 C1 C04B 7/52 2010-01-20.
6. SU 2096361 C1, C04B 7/52 1997.11.20 - прототип.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Вяжущее низкой водопотребности, включающее портландцементный клинкер, минеральную добавку и водопонижающий компонент, отличающееся тем, что в качестве минеральной добавки содержит тонкомолотые компоненты ультрадисперсных гранитоидных пород фракций от 0,0001 до 160 мкм химического состава, мас. %: SiO<sub>2</sub> - 50-65; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 7-17,2; Na<sub>2</sub>O - 2,2-5,4; MgO - 2,75-5,8; K<sub>2</sub>O - 3,4-4,6; CaO - 4,0-7,3; TiO<sub>2</sub> - 0,7-1,8; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 5,1-6,1; SO<sub>3</sub> - 0,1-0,3; Cl - 0,06-0,3; BaO - 0,1-0,5; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 0,2-0,9; ппп - 0,5-1,9 с пуццолановой активностью от 80 до 180 мг/г, а водопонижающий компонент входит в виде порошкообразного поликарбоксилатного пластификатора при следующем содержании компонентов, мас. %:

портландцементный клинкер ЦЕМ I - 70-90;  
 тонкомолотые гранитоидные породы - 10-30;  
 порошкообразный поликарбоксилатный пластификатор - 0,5-2,0.

2. Вяжущее по п.1, отличающееся тем, что содержит механоактивированные тонкомолотые компоненты ультрадисперсных гранитоидных пород.

