

Интернет-журнал «Науковедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 7, №6 (2015) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-6>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/01TVN615.pdf>

DOI: 10.15862/01TVN615 (<http://dx.doi.org/10.15862/01TVN615>)

УДК 691.327

Несветаев Григорий Васильевич

ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет»
Россия, г. Ростов-на-Дону¹
Заведующий кафедрой «Технологии строительного производства»
Доктор технических наук
Профессор
E-mail: nesgrin@yandex.ru

Удодов Сергей Алексеевич

ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет»
Россия, г. Краснодар²
Доцент
Кандидат технических наук
E-mail: Udodov-tec@mail.ru

Бычкова Ольга Александровна

ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет»
Россия, г. Краснодар
Преподаватель
E-mail: kotenok5555_5@mail.ru

**О влиянии состава модифицированного
гипсоглиноземистого расширяющегося цемента
на прочность и темп твердения**

¹ 344022, Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162

² 350072, Россия, г. Краснодар, ул. Московская, 2

Аннотация. Потребность в быстротвердеющих бетонах возникает при необходимости выполнения аварийно-восстановительных работ, ликвидации последствий форс-мажорных обстоятельств, сокращения сроков возведения объектов и подобных ситуациях. Представлены некоторые закономерности изменения темпов твердения и предела прочности комплексного вяжущего портландцемент + гипсоглиноземистый расширяющийся цемент в зависимости от соотношения портландцемент: гипсоглиноземистый расширяющийся цемент и глиноземистый цемент: гипсовый камень. На предел прочности в раннем возрасте оказывает влияние содержание портландцемента в составе вяжущего и, особенно, соотношение гипсовый камень/глиноземистый цемент. При увеличении дозы глиноземистого цемента отмечается качественное изменение прочности с ростом содержания портландцемента. С практической точки зрения наибольший интерес представляет соотношение, близкое к гипсовый камень/глиноземистый цемент = 25/75. Обеспечение высокого темпа твердения в ранний период и обеспечение высокой прочности в возрасте 28 суток обеспечивается при различных соотношениях компонентов вяжущего. Лучшим показателем по соотношению пределов прочности на изгиб и сжатие обладают составы вяжущего с содержанием портландцемента порядка 15% при соотношении гипсовый камень/глиноземистый цемент около 25/75.

Ключевые слова: портландцемент; гипсоглиноземистый расширяющийся цемент; вяжущее; предел прочности на изгиб; предел прочности на сжатие; темп твердения.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Несветаев Г.В., Удодов С.А., Бычкова О.А. О влиянии состава модифицированного гипсоглиноземистого расширяющегося цемента на прочность и темп твердения // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №6 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/01TVN615.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/01TVN615

Статья опубликована 25.11.2015.

Потребность в быстротвердеющих бетонах возникает при необходимости выполнения аварийно-восстановительных работ, ликвидации последствий форс-мажорных обстоятельств, сокращения сроков возведения объектов и подобных ситуациях. Традиционные вяжущие на основе портландцементного (портландцемент) или алюминатного клинкера (глиноземистый цемент) не всегда соответствуют требованиям по темпу твердения. Высокой скоростью твердения обладает гипс строительный – неводостойкий материал с низкой прочностью, хотя известны приемы повышения водостойкости и прочности этого вяжущего [1]. Гипсоцементнопуццолановые вяжущие на высокопрочном гипсе обеспечивают через 3 ч твердения прочность до 12 МПа [2], однако обладают недостаточной для ряда случаев водостойкостью. Безгипсовый портландцемент позволяет получать в суточном возрасте прочность до 20 МПа [3]. Отличающийся довольно высоким темпом твердения гипсоглиноземистый расширяющийся цемент характеризуется относительно невысокой проектной прочностью (согласно ГОСТ 11052 не менее 28 МПа в 28 сут.), что в ряде случаев недостаточно. Напрягающий цемент на основе портландцементного клинкера, состоящий фактически из портландцемента и гипсоглиноземистого расширяющегося цемента при содержании портландцемента от примерно 85 до 60%, обладает довольно высоким темпом твердения, обеспечивая в суточном возрасте прочность до 26 МПа [4], что также не всегда может удовлетворять требованиям. Цементы на основе сульфоалюминатного клинкера («бесалит») обеспечивают через 6 ч твердения прочность до 30 МПа, а через сутки – до 42 МПа [5], при этом конец схватывания цемента наступает довольно быстро (до 30 мин.). Авторами [6] получено многокомпонентное вяжущее на основе портландцемента, глиноземистого цемента и гипса, обеспечивающее после 6 ч твердения прочность до 29 МПа. В дальнейшем на основе полученного вяжущего были разработаны составы для самонивелирующихся быстротвердеющих полов [7].

В настоящей работе представлены некоторые результаты по выявлению закономерностей изменения темпов твердения и предела прочности многокомпонентного вяжущего в зависимости от соотношения портландцемент: глиноземистый цемент: гипсовый камень. Соотношение глиноземистый цемент: гипсовый камень принимали из следующих условий:

- согласно ГОСТ 11052 общее содержание SO_3 в составе гипсоглиноземистого расширяющегося цемента не должно превышать 17%;
- принимая, что в составе гипсового камня непосредственно $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ составляет в пределе порядка 95%, а в составе $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ собственно SO_3 – это 46,5%, то в гипсовом камне это $0,95 \cdot 46,5 = 44\%$, тогда в составе гипсоглиноземистого расширяющегося цемента собственно гипсового камня должно быть не более $0,17/0,44 = 38\%$ (обычное содержание в пределах 28 – 32%). В настоящей работе принято на первом этапе соотношение гипсовый камень/глиноземистый цемент от 25/75 до 35/65.

В исследованиях применялись:

- портландцемент – ПЦ500Д0 ОАО «Новоросцемент»;
- глиноземистый цемент – ВГЦ-II-35 ОАО «Пашийский металлургическо-цементный завод»;
- гипсовый камень Шедокского месторождения Краснодарского края;
- суперпластификатор – Melflux 5581F (производство BASF Constraction Polymers);
- замедлитель схватывания – винная кислота.

Изготовление образцов размером 40x40x160 мм выполнялось по ГОСТ 310.4. Водотвердое соотношение во всех составах составляло 0,21. До испытаний образцы хранились в нормальных условиях (НУ). Определяли предел прочности на изгиб и сжатие по ГОСТ 310.4 в различные сроки твердения.

На рис. 1 представлены данные о влиянии содержания портландцемента и соотношения гипсовый камень/глиноземистый цемент на предел прочности цементного камня на сжатие в различные сроки твердения.

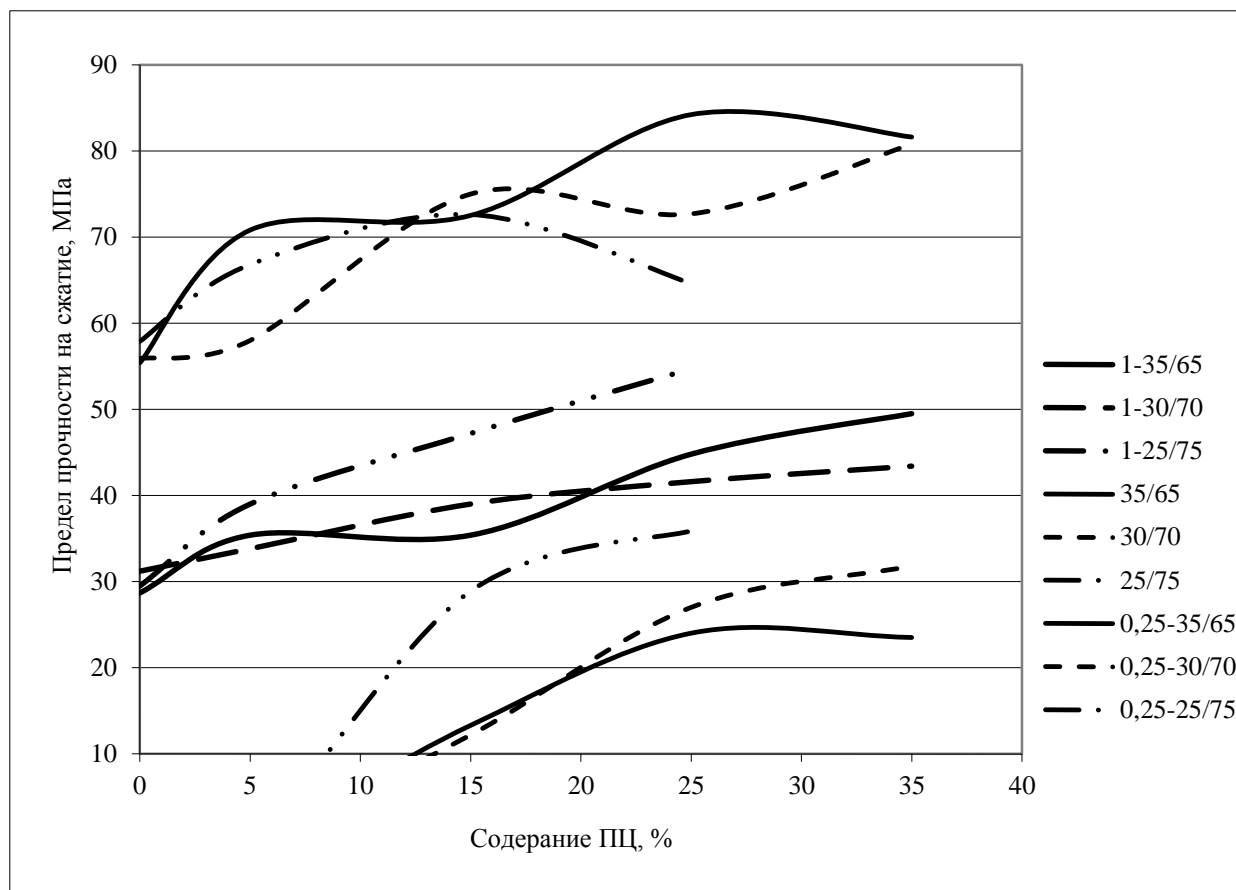


Рис. 1. Предел прочности на сжатие после твердения в нормальных условиях в течение 6 ч (0,25), 1 сут. (1) и 28 сут. зависимости от содержания портландцемента в составе вяжущего 35/65...25/75 – соотношение гипсовый камень/глиноземистый цемент, %

Из рис.1 очевидно, что на предел прочности в раннем возрасте (6 ч и 24 ч) оказывает влияние содержание портландцемента в составе вяжущего и, особенно, соотношение гипсовый камень/глиноземистый цемент. При увеличении дозы глиноземистого цемента отмечается качественное изменение влияния на прочность с ростом содержания портландцемента – в ранний период отмечается резкий рост прочности, а в возрасте 28 сут. фиксируется наличия экстремума на зависимости «прочность на сжатие – содержание портландцемента» при значении содержания портландцемента 15%. С практической точки зрения наибольший интерес представляет соотношение гипсовый камень/глиноземистый цемент, близкое к 25/75, и исследования в этой области целесообразно продолжить.

В возрасте 28 сут. волнообразный характер зависимости прочности от содержания портландцемента свидетельствует о параллельном протекании процессов структурообразования и деструктивных, что требует исследований в области обеспечения согласованности процессов формирования прочности и развития собственных деформаций. Собственные деформации расширения вяжущего на основе портландцемента и

гипсоглиноземистого расширяющегося цемента в принципе благоприятны для компенсации усадки бетонов [8], задача состоит в управлении величиной и кинетикой этих деформаций.

Поскольку многокомпонентное вяжущее на основе гипсоглиноземистого расширяющегося цемента и портландцемента разрабатывалось как быстротвердеющее, особый интерес представляет оценка нарастания прочности в ранний период, особенно 6 ч. На рис. 2 представлены данные о прочности цементного камня после 6 и 24 ч твердения в нормальных условиях относительно прочности в 28 суточном возрасте.

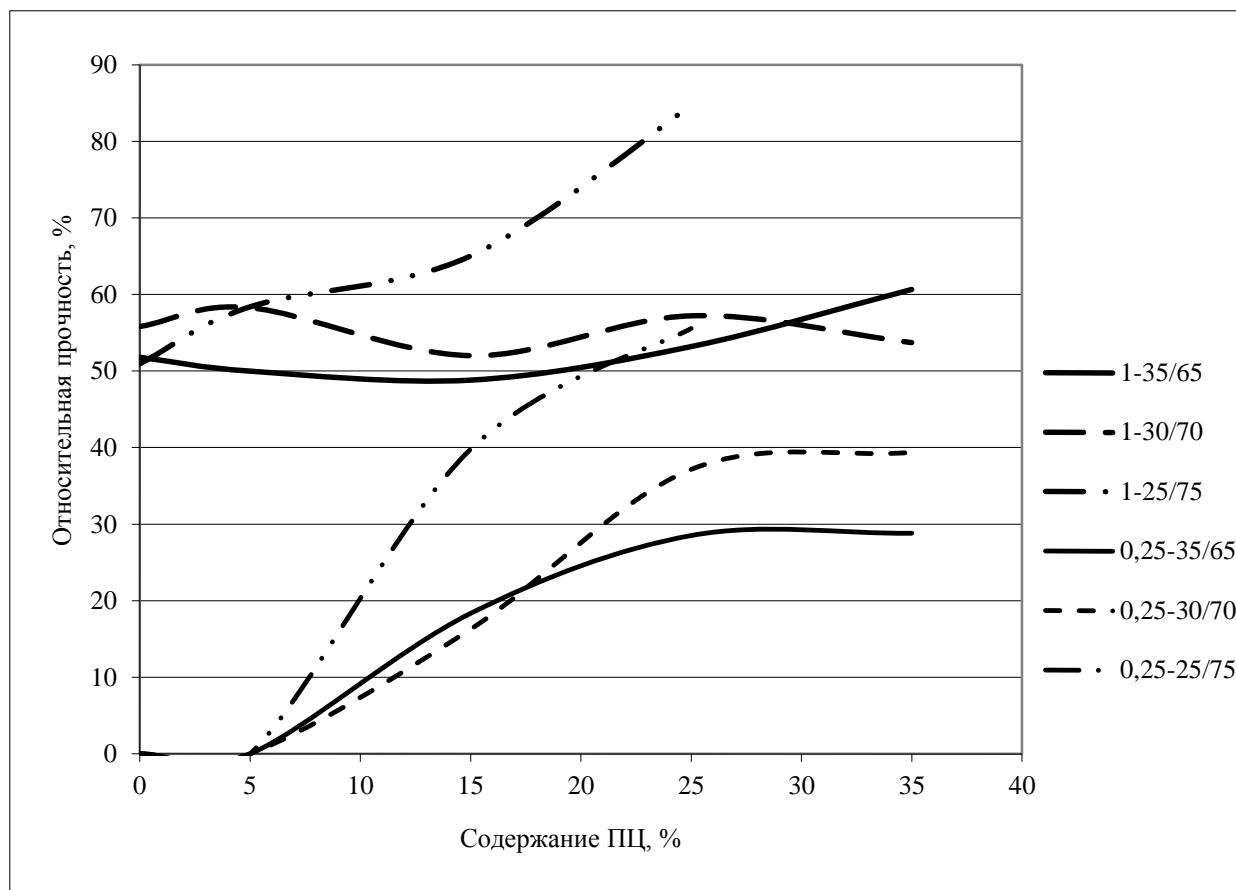


Рис. 2. Зависимость относительной прочности после 6 (0,25) и 24 ч (1) твердения в нормальных условиях (100% - прочность в 28 сут.) от содержания портландцемента в составе вяжущего и соотношения гипсовый камень/глиноземистый цемент 35/65...25/75 – соотношение гипсовый камень/глиноземистый цемент, %

Из рис. 2 очевидно, что значение прочности в возрасте 6 ч зависит от соотношения гипсовый камень/глиноземистый цемент и содержания портландцемента в составе вяжущего, причем с уменьшением соотношения гипсовый камень/глиноземистый цемент, т.е. с ростом содержания глиноземистого цемента отмечается интенсивное нарастание прочности в ранний период, в том числе и при относительно невысоком содержании портландцемента. С практической точки зрения интерес представляют составы с содержанием портландцемента от 15 до 25% при соотношении гипсовый камень/глиноземистый цемент 25/75, причем в этом случае отмечается самая высокая прочность и в суточном возрасте (рис. 2).

Сопоставление результатов, представленных на рис. 2 и на рис.1, позволяет сделать вывод о том, что обеспечение высокого темпа твердения в ранний период и обеспечение высокой прочности в возрасте 28 сут. выполняется при различных соотношениях компонентов вяжущего. С практической точки зрения это предопределяет целесообразность применения как минимум двух вариантов вяжущего по назначению – с высоким темпом

твердения в ранний период (до 1 сут.) и с умеренным темпом твердения в ранний период, но с высокой прочностью в 28 сут.

Поскольку трещиностойкость бетонов, предопределяющая долговечность конструкций, является показателем, зависящим от предела прочности на растяжение и особенно от соотношения пределов прочности на растяжение и сжатие, оценка прочности на растяжение имеет важное теоретическое и практическое значение. Особенно актуален вопрос о соотношении пределов прочности на изгиб и сжатие для бетонов дорожных и аэродромных покрытий [9]. На рис. 3 представлены данные о зависимости прочности цементного камня на растяжение при изгибе в различные сроки твердения от содержания портландцемента в составе вяжущего и соотношения гипсовый камень/глиноземистый цемент.

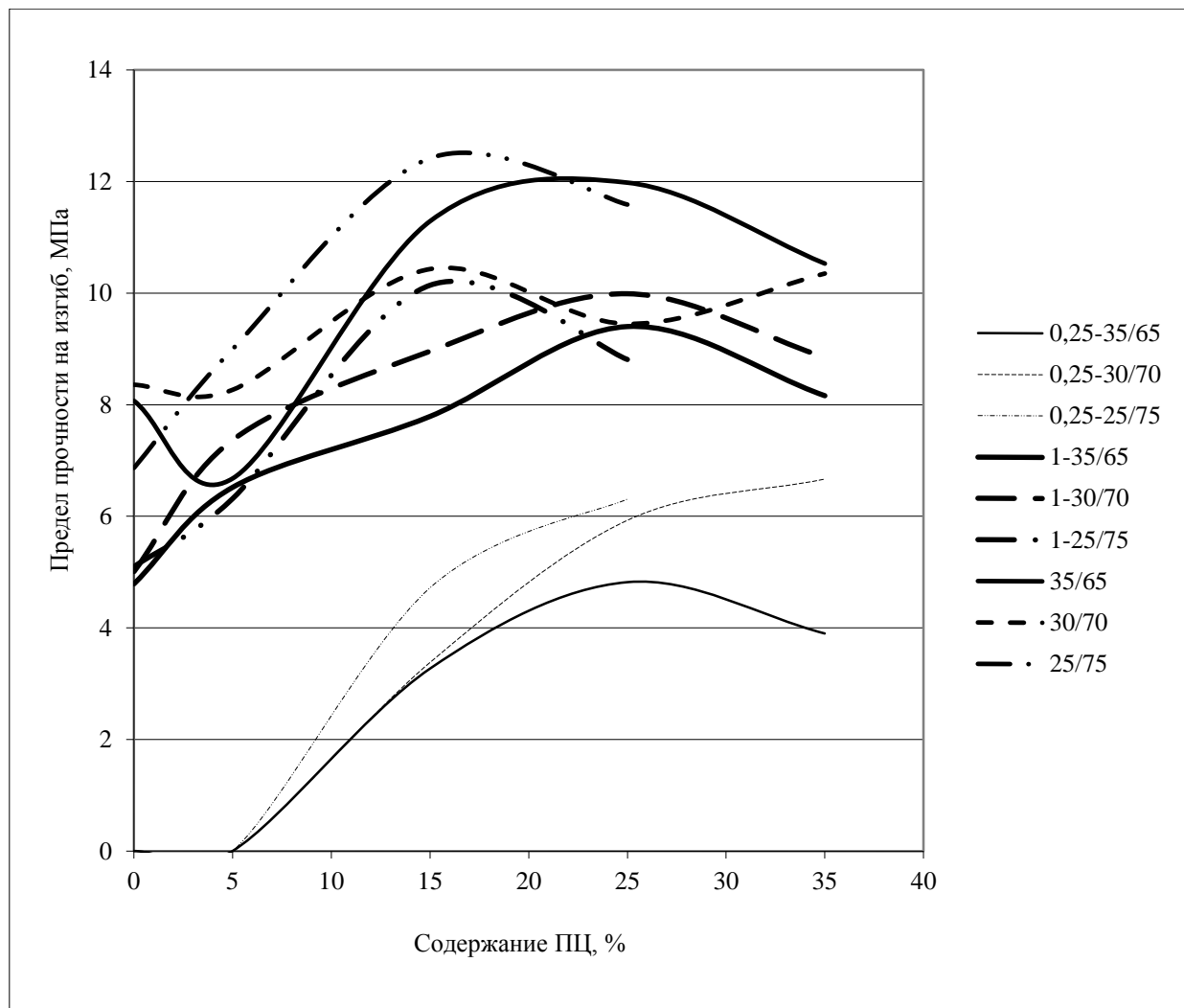


Рис. 3. Зависимость предела прочности на изгиб после твердения в нормальных условиях 6 ч (0,25), 1 сут. (1) и 28 сут. от содержания портландцемента в составе вяжущего и соотношения гипсовый камень/глиноземистый цемент 35/65...25/75 – соотношение гипсовый камень/глиноземистый цемент, %

Из рис. 3 очевидно, что величина прочности на растяжение при изгибе как в ранний период твердения, так и в 28 суточном возрасте возрастает особенно интенсивно при соотношении гипсовый камень/глиноземистый цемент, равном 25/75, причем наивысшие значения прочности на изгиб в возрасте 1 и 28 сут. достигаются при содержании портландцемента в составе вяжущего порядка 15%. Аналогичная картина отмечена и для предела прочности на сжатие (рис. 1). Как уже отмечалось, это, вероятно, связано с некоторой

несогласованностью процессов развития собственных деформаций и формирования прочности, поскольку при гидратации гипсоглиноземистого расширяющегося цемента образуются гидросульфоалюминаты кальция высокосульфатной формы (эттрингит), а при гидратации портландцемента одним из новообразований является гидроксид кальция, в присутствии которого, как известно, интенсифицируются собственные деформации цементного камня вследствие образования эттрингита на зернах вяжущего [4], что сопровождается собственными деформациями и может вызывать на определенных этапах формирования структуры возникновение внутренних напряжений и «сбросы» прочности. В связи с этим, как уже отмечалось, актуальны исследования возможности регулирования процессов развития собственных деформаций и формирования прочности посредством управления рецептурно-технологическими факторами.

На рис. 4,5 представлены данные о соотношении пределов прочности на изгиб и сжатие в возрасте 6 ч, 1 и 28 сут. вяжущих различного состава.

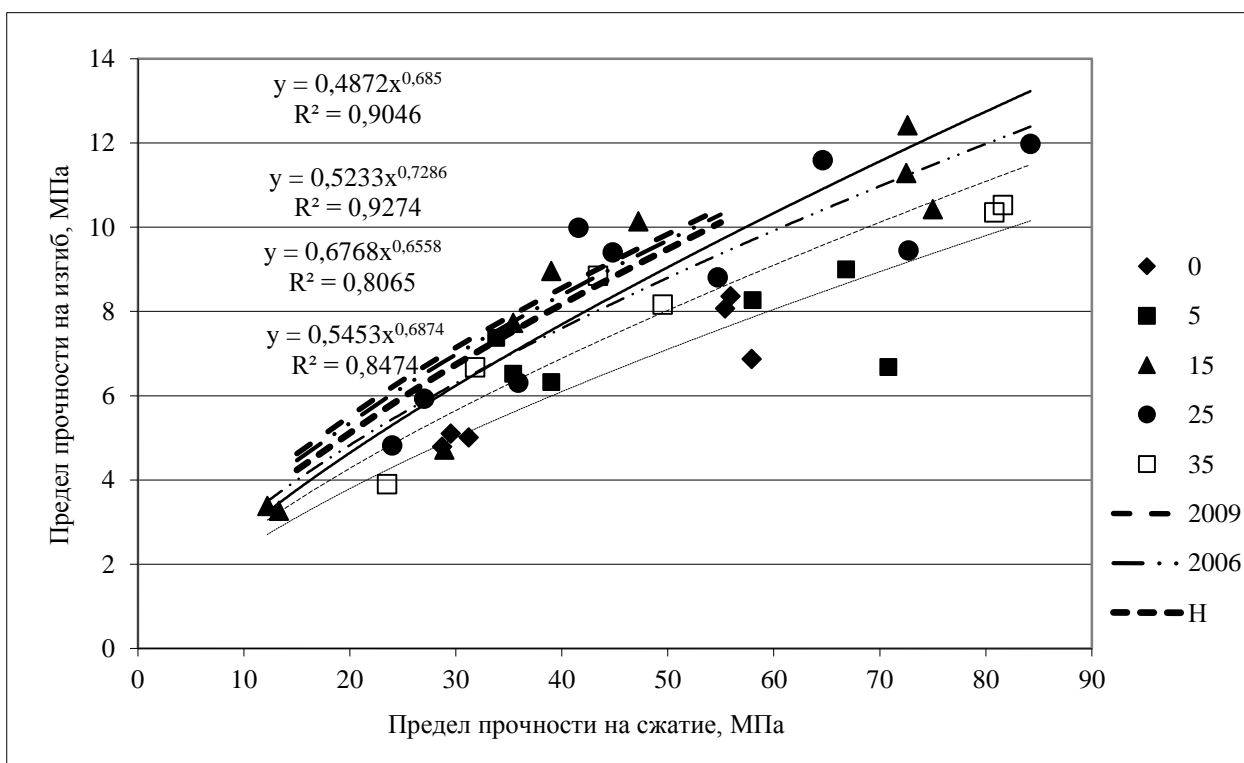


Рис. 4. Соотношение пределов прочности на изгиб и сжатие 2009; 2006 – опыты Несветаева Г.В. с портландцементом соответственно 2009 и 2006 г.г.; Н - опыты [7] 0 ... 35 – содержание портландцемента в составе вяжущего

Из представленных на рис. 4,5 данных очевидно:

- соотношение пределов прочности на изгиб и сжатие при содержании портландцемента в составе вяжущего 15% независимо от соотношения гипсовый камень/глиноземистый цемент практически совпадает с данными для портландцемента и с данными для гипсоглиноземистого расширяющегося цемента с содержанием портландцемента до 15% по данным [7] и характеризуется наивысшим значением показателя R^2 , что свидетельствует о тесной корреляции значений прочности на изгиб и сжатие (рис. 4, таблица);
- соотношение пределов прочности на изгиб и сжатие при соотношении гипсовый камень/глиноземистый цемент 25/75 независимо от содержания портландцемента в составе вяжущего качественно соответствует данным для

портландцемента и данным для гипсоглиноземистого расширяющегося цемента с содержанием портландцемента до 15% [7], но при этом характеризуется минимальным значением показателя R^2 , что свидетельствует об относительно низкой корреляции значений, вероятно, обусловленной влиянием других рецептурных факторов (рис. 5, таблица).

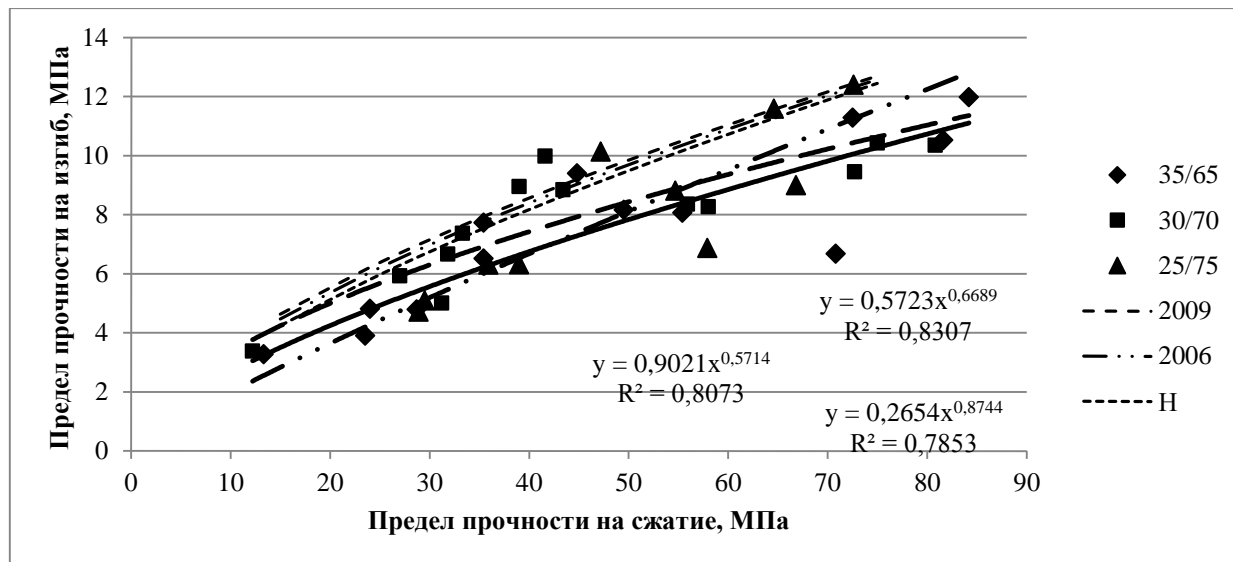


Рис. 5. Соотношение пределов прочности на изгиб и сжатие 2009; 2006 – опыты Несветаева Г.В. с портландцементом соответственно 2009 и 2006 гг.; Н - опыты [7] 35/65 – соотношение гипсовый камень/глиноземистый цемент в составе вяжущего

В таблице представлены уравнения регрессии вида

$$R_f = c \cdot R^x, \tag{1}$$

описывающие соотношения пределов прочности на изгиб R_f и сжатие R .

Таблица

Коэффициенты уравнений (1), описывающих соотношения пределов прочности на изгиб R_f и сжатие R

№	Соотношение гипсовый камень/глиноземистый цемент	Содержание портландцемента, %	c	x	Показатель R^2
1	35/65 – 25/75	0	0,4872	0,685	0,9046
2		15	0,5233	0,7286	0,9274
3		25	0,6768	0,6558	0,8065
4		35	0,5453	0,6874	0,8774
5	35/65	0 - 35	0,5723	0,6689	0,8307
6	30/70		0,9021	0,5714	0,8073
7	25/75		0,2654	0,9744	0,7853

Таким образом, с точки зрения достижения лучшим показателей по соотношению пределов прочности на изгиб и сжатие целесообразно рассматривать составы вяжущего с содержанием портландцемента от 15 до 25% при соотношении гипсовый камень/глиноземистый цемент около 25/75. Необходимо выявить и устранить негативное влияние факторов, вызывающих нестабильное соотношение указанных видов прочности при

указанном соотношении гипсовый камень/глиноземистый цемент. К указанным факторам, в первую очередь относятся:

- согласованность процессов развития собственных деформаций и формирования прочности;
- значения пористости цементного камня и прочности его «скелета», формирование которых происходит фактически при двух параллельно протекающих и взаимно влияющих процессах гидратации различных вяжущих [10].

Выводы

1. На основе портландцемента и гипсоглиноземистого расширяющегося цемента при содержании портландцемента в составе вяжущего от 15 до 25% и соотношении гипсовый камень/глиноземистый цемент, близком к 25/75, возможно получение быстротвердеющего вяжущего, обеспечивающего через 6 ч до 50%, а через 24 ч твердения – до 80% от 28 суточной прочности.
2. Соотношение прочностей на изгиб и сжатие быстротвердеющего вяжущего на основе портландцемента и гипсоглиноземистого расширяющегося цемента не зависит от сроков твердения и практически не отличается от соотношения, характерного для портландцемента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айрапетов, Г.А. Многокомпонентное бесклнкерное водостойкое гипсовое вяжущее / Г.А. Айрапетов, А.И. Панченко, Г.В. Несветаев, А.Ю. Нечушкин // Строительные материалы. – 1996. - №1. – С. 28.
2. Волженский, А.В. Минеральные вяжущие вещества / А.В. Волженский, Ю.С. Буров, В.С. Колокольников. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1979. – 476 с.
3. Шпынова, Л.Г. Бетоны для строительных работ в зимних условиях / Л.Г. Шпынова, О.Л. Островский, М.А. Саницкий, Х.С. Соболев, Б.В. Федунь, О.Я. Шийко. – Львов: «Вища школа», 1985. – 80 с.
4. Михайлов, В.В. Расширяющийся и напрягающий цементы и самоупроченные железобетонные конструкции / В.В. Михайлов, С.Л. Литвер. – М.: Стройиздат, 1974. – 312 с.
5. Кузнецова Т.В. Алуминатные и сульфалюминатные цементы / Т.В. Кузнецова. – М.: Стройиздат, 1986. – 208 с.
6. Несветаев, Г.В. Структурообразование модифицированных смесей на различных вяжущих для наливных полов / Г.В. Несветаев, А.В. Налимова // Мат-лы. межд. конф. «Строительство». – Ростов-на-Дону: РГСУ. – 2005.
7. Налимова, А.В. Полимерцементные композиции с компенсированной усадкой для наливных полов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Ростов-на-Дону: РГСУ, 2006.
8. Несветаев, Г.В. К вопросу нормирования усадки цементных бетонов / Г.В. Несветаев, Т.А. Щербинина // Наукoведение. 2015. Том 7, номер 5 (выпуск 5(30)) [http://naukovedenie.ru / PDF/07TVN515.pdf](http://naukovedenie.ru/PDF/07TVN515.pdf).
9. Несветаев, Г.В. К вопросу строительства автомобильных дорог с применением цементных бетонов // Наукoведение. 2013(18). Выпуск 5. [naukovedenie.ru / index.php? p=issue-5-13](http://naukovedenie.ru/index.php?p=issue-5-13).
10. Несветаев, Г.В. Моделирование пористости цементного камня с минеральными модификаторами различной гидратационной активности / Г.В. Несветаев, А.В. Налимова, А.И. Холостова // Научное обозрение. - 2014. - №8.

Рецензент: Маилян Дмитрий Рафаэлович, заведующий кафедрой «Железобетонных и каменных конструкций», доктор технических наук, ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет».

Nesvetaev Grigory Vasilievich

Rostov State University of Civil Engineering
Russia, Rostov-on-Don
E-mail: nesgrin@yandex.ru

Udodov Sergey Alekseevich

Kuban State University of Technology
Russia, Krasnodar
E-mail: Udodov-tec@mail.ru

Bychkova Olga Aleksandrovna

Kuban State University of Technology
Russia, Krasnodar
E-mail: kotenok5555_5@mail.ru

On the influence of the composition of the modified gypsum-alumina expanding cement on the strength and pace of hardening

Abstract. The need for a fast setting concrete occurs when having to perform rescue and recovery operations, eliminating the consequences of force majeure, shortening the construction sites and similar situations. Are some patterns of change in the rate of hardening and tensile strength of the complex binder Portland cement + gypsum-alumina expanding cement depending on the ratio of the Portland cement: gypsum-alumina expanding cement and aluminous cement: gypsum. In the compressive strength at an early age affects the content of the Portland cement as a part of the binder, and, especially, the ratio of gypsum/aluminous cement. With increasing doses of aluminous cement indicated a qualitative change in strength with increasing Portland cement content. From a practical point of view, the greatest interest is the ratio close to the gypsum/aluminous cement = 25/75. Ensuring a high rate of hardening in the early period and ensuring high strength at the age of 28 days provided for different ratios of the components of binder. The best measure of the ratio of flexural strength and compression has a composition containing Portland cement about 15% at a ratio of gypsum/aluminous cement about 25/75.

Keywords: portland cement; gypsum-alumina expanding cement; binder; flexural strength; compressive strength; the rate of hardening.

REFERENCES

1. Airapetov, G.A. Waterproof gypsum binder without clinker materials / G.A. Airapetov, A.I. Panchenko, G.V. Nesvetaev, A.Yu. Nechushkin // Building materials. - 1996. - №1. - S. 28.
2. Volzhensky, A.V. Mineral binders / A.V. Volzhensky, Yu.S. Burov, V.S. Kolokolnikov. - 3rd ed., Rev. and add. - M.: Stroyizdat, 1979. - 476 p.
3. Shpynova, L.G. Concrete for construction work in the winter / L.G. Shpynova, O.L. Ostrovsky, M.A. Sanitsky, H.S. Sobol, B.V. Fedun, O.Ya. Shiyko. - Lviv: "Vishcha school", 1985. - 80 p.
4. Mikhailov, V.V. Expanding and straining cements and selfstress concrete structures / V.V. Mihaylov, S.L. Litver. - M.: Stroyizdat, 1974. - 312 p.
5. Kuznetsova T.V. Aluminate and sulfoaluminate cements / T.V. Kuznetsova. - M.: Stroyizdat, 1986. - 208 p.
6. Nesvetaev, G.V. Structure formation of modified mixtures with different binders for self-leveling floors / G.V. Nesvetaev, A.V. Nalimova // Materials. Int. Conf. "Building". - Rostov-on-Don, Russian State Social University. - 2005.
7. Nalimova, A.V. Polymer compositions with compensated shrinkage for self-leveling floors: Author. Dis. ... Cand. tehn. Sciences. - Rostov-on-Don, Russian State Social University, 2006.
8. Nesvetaev, G.V. On the question of the valuation of cement concrete shrinkage / G.V. Nesvetaev, T.A. Shcherbinina // Naukovedenie. 2015. Volume 7, Number 5 (Release 5 (30) <http://naukovedenie.ru/PDF/07TVN515.pdf>).
9. Nesvetaev, G.V. On the question of building roads with cement concrete // Naukovedenie. 2013 (18). Issue 5. naukovedenie.ru/index.php?p=issue-5-13.
10. Nesvetaev, G.V. Simulation of the porosity of the cement stone with mineral modifiers different hydration activity / G.V. Nesvetaev, A.V. Nalimov, A.I. Holostova // Scientific Review. - 2014. - №8.