

УДК 666.972.16

ЛЕГКИЕ БЕТОНЫ НА ОСНОВЕ ГРАНШЛАКА

*Н.И. Нетеса, д.т.н., профессор Д.В. Паланчук, к.т.н.
Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени
академика В.Лазаряна*

Ключовые слова: легкий бетон, вторичные продукты промышленности, прочность, плотность, стеновой материал, цемент, эффективность.

Постановка проблемы. Бетоны невысокой прочности необходимы в конструкциях зданий и сооружений в больших объемах. Например, для перегородок в жилых и общественных зданиях, подстилающих слоях полов необходимы штучные изделия с прочностью до 10 МПа, но как можно меньшей средней плотностью для снижения нагрузок на перекрытие. Кроме того, такие бетоны с низкой средней плотностью имеют хорошие звукоизоляционные свойства, что также весьма важно. Эти бетоны целесообразно получать с использованием местных вторичных ресурсов для их утилизации и снижения экологической нагрузки на окружающую среду. Но при этом важно проектировать такие составы бетонов с пониженным расходом цемента. Эта проблема до сих пор не решена. Известно, что коэффициент эффективности использования цемента в тяжелых бетонах класса В10 и менее составляет примерно 0,5, что почти в 2 раза меньше чем в бетонах класса В15 и выше. Еще ниже коэффициент эффективности использования цемента в легких бетонах низкой прочности. Поэтому важно найти закономерности определения составов легких бетонов на основе местных вторичных продуктов промышленности с повышенной эффективностью использования цемента в них.

Анализ публикаций по проблеме. Проблемам утилизации в бетонах вторичных продуктов промышленности, особенно зол уноса тепловых электростанций, и эффективного использования цемента в таких бетонах посвящено много работ [1–6]. Это одна из важнейших проблем бетоноведения. Важно определить необходимое количество каждой составляющей для обеспечения требуемых физико-механических

характеристик при минимально необходимом количестве цемента. Исследователями предложено множество вариантов решения этой задачи.

Нами в основу определения составов бетонов, в том числе с вторичными компонентами местной промышленности, положен принцип обеспечения рационального зернового состава компонентов, при реализации которого существенно повышается эффективность использования цемента [6].

Цель статьи. На основе анализа проведенных ранее результатов исследований, в том числе с применением методов математического планирования экспериментов, определить составы бетонов, которые могут обеспечить требованиям п. 5.4 СНиП 2.03.13-88 [7] к подстилающим слоям пола, а также некоторым стеновым штучным изделиям. В частности, в этих нормах для обеспечения нормированного теплоусвоения пола рекомендуется использовать легкий бетон стяжек, предел прочности при сжатии которого должен соответствовать классу В5. При этом важно обеспечить требуемую прочность при минимальном расходе цемента, который является наиболее дорогой и энергоемкой составляющей бетона.

Основной материал исследований. Легкий бетон стяжки, выполняемой для обеспечения нормированного теплоусвоения пола, по пределу прочности бетона на сжатие должен соответствовать классу В5. Следовательно, с учетом коэффициента вариации 0,135 и масштабного коэффициента для приведения прочности бетона в образцах с размером стороны куба 100 мм к прочности бетона в образце базового размера 150 мм, который в соответствии с требованиями ГОСТ 10180-90 (табл. 5) равен 0,95, такой бетон должен иметь средний предел прочности на сжатие около 7,0 МПа.

Экспериментальные исследования по оптимизации составов и свойств бетонов проводили с применением методов математического планирования экспериментов. Все эксперименты проведены по ортогональному плану с тремя переменными. В качестве варьируемых

факторов приняты расход применяемого цемента (Ц), воды (В) и добавки ПЛКП-2 (Д). Кодовые и натуральные значения варьируемых факторов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Кодовые и натуральные значения варьируемых факторов

Код	Натуральные значения		
	Ц, кг (X_1)	В, л (X_2)	Д, % (X_3)
1 ⁻	150	210	0,5
0	250	230	1,0
1 ⁺	350	250	1,5

Расход цемента принят в килограммах, воды в литрах на кубометр бетона, а расход добавки ПЛКП-2 в процентах от массы цемента. При изменении расхода цемента изменялся и расход золы уноса Приднепровской ГРЭС так, чтобы сумма этих компонентов оставалась постоянной и равной 550 кг. А в отдельных экспериментах вместо золы уноса использовали в качестве наполнителя хвосты обогащения железных руд Криворожского ЮГОКа. Таким образом поддерживался рациональный зерновой состав компонентов бетонной смеси. Цемент использовался активностью 39,8 МПа. Приняты постоянными расход на кубометр бетона: граншлака 675 кг, песка 400 кг.

На рис. 1,а представлены номограммы зависимости прочности бетона от варьируемых факторов при использовании в качестве наполнителя золы уноса Приднепровской ГРЭС, а на рис. 1,б - хвостов обогащения железных руд Криворожского ЮГОКа. На рис. 2 представлены номограммы зависимости коэффициента эффективности использования цемента в бетоне 28-ми суточного возраста от тех же варьируемых факторов.

Эффективность использования цемента стандартной активности во всем диапазоне исследований предела прочности бетона на сжатие в 28-ми суточном возрасте наибольшая при минимальном расходе воды, который в исследованиях составлял 210 литров на кубометр бетонной смеси.

Удобоукладываемость бетонной смеси всех исследуемых составов, определяемая по осадке стандартного конуса, при изменении расхода воды в исследуемом диапазоне изменялась незначительно.

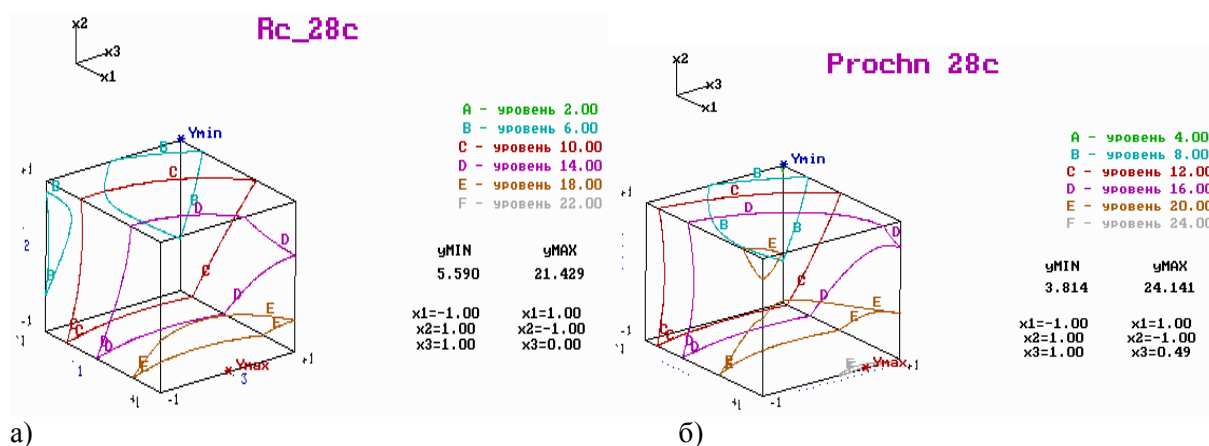


Рис. 1. Номограммы зависимости прочности бетона в 28-ми суточном возрасте от варьируемых факторов при использовании в качестве наполнителя:

- а) - золы уноса Приднепровской ГРЭС;
- б) - хвостов обогащения железных руд Криворожского ЮГОКа.

Кроме того, визуальными наблюдениями установлено, что бетонная смесь достаточно легко и быстро уплотнялась при воздействии стандартной вибрации при любом расходе воды в изменяемом диапазоне. Эта особенность бетонных смесей, вероятно, связана с тем, что в исследованиях использовались вторичные ресурсы с развитой пористой поверхностью. Поэтому водопотребность смесей значительно больше, чем тяжелых бетонов на песке и щебне. Но после достижения расхода воды на кубометр бетонной смеси свыше 200 литров она сохраняет достаточно хорошую удобоукладываемость при изменении расхода воды в пределах 50 литров.

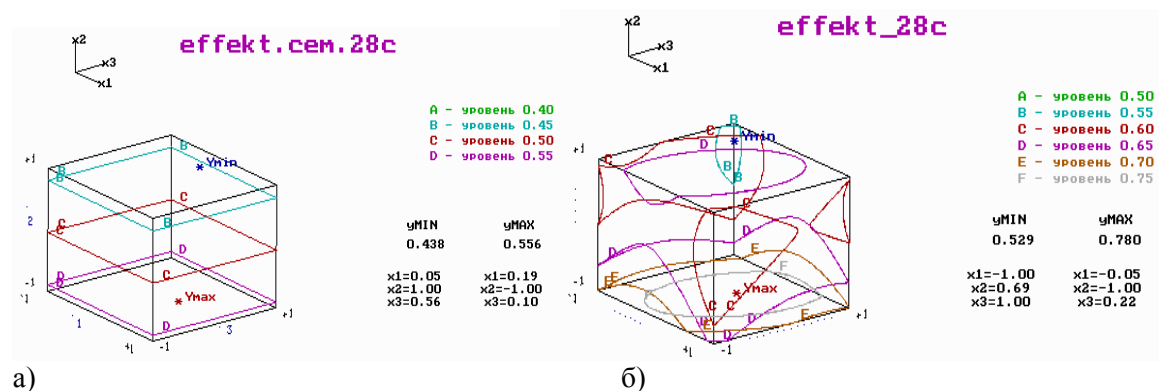


Рис. 2. Номограммы зависимости коэффициента эффективности использования цемента в бетоне 28-ми суточного возраста от варьируемых факторов при использовании в качестве наполнителя:

- а) - золы уноса Приднепровской ГРЭС;
- б) - хвостов обогащения железных руд Криворожского ЮГОКа.

Учитывая, что в производственных условиях при укладке подстилающих слоев полов бетонная смесь легкого бетона укладывается тонким (4-8 см) слоем с использованием для уплотнения и заглаживания поверхности виброреек с частотой вибрации не ниже 50 Гц, целесообразно использовать бетонную смесь с расходом воды около 210 литров на кубометр бетонной смеси.

Расход применяемой пластифицирующей добавки менее существенно влияет на эффективность использования цемента. Но поскольку он несколько выше в основном при ее расходе около 1% от массы цемента, то целесообразно использовать этот расход пластифицирующей добавки.

Эффективность использования цемента, как правило, возрастает по мере увеличения его расхода на кубометр бетонной смеси. Но это увеличение несущественно. Кроме того, предел прочности затвердевшего бетона на сжатие наиболее существенно зависит от расхода цемента. Поэтому определять требуемые составы бетонов для конкретных условий необходимо из условий минимально необходимого расхода цемента для обеспечения требуемого предела прочности бетона на сжатие.

Диапазон поиска рациональных составов легкого бетона стяжки, выполняемой для обеспечения нормированного теплоусвоения пола в соответствии с требованиями п. 5.4 СНиП 2.03.13-88, который должен иметь средний предел прочности на сжатие 7,0 МПа, при использовании цемента активностью около 40,0 МПа, определим, воспользовавшись представленными на рис. 1 и 2 зависимостями. При использовании в качестве заполнителя только граншлака завода имени Петровского и песка без керамзитового гравия, а в качестве добавки-наполнителя золы уноса Приднепровской ГРЭС, предел прочности на сжатие 7,0 МПа можно получить при минимальном в исследуемом диапазоне расходе цемента 150

кг на кубометр бетонной смеси при расходе воды – 210 литров на кубометр бетонной смеси и пластифицирующей добавки ПЛКП-2 от 0,5 до 1,5% от массы цемента (см. рис. 1,а). Как следует из представленных на этом рисунке зависимостей, предел прочности бетона на сжатие увеличивается при снижении расхода воды незначительно и остается примерно такой как требуется для наших целей. Поэтому очевидно, что требуемый для наших целей предел прочности на сжатие 7,0 МПа можно получить при расходе воды от 210 до 230 литров, при котором обеспечивается достаточная удобоукладываемость бетонной смеси, и около 150 кг цемента на кубометр бетонной смеси. Для уточнения состава нижнюю границу расхода цемента можно принять около 140 кг на кубометр бетонной смеси.

Для получения этой же прочности при использовании в качестве добавки-наполнителя хвостов обогащения железных руд Криворожского ЮГОКа расход цемента требуется меньше минимального в исследуемом диапазоне расхода цемента 150 кг на кубометр бетонной смеси (см. рис. 1,б). Расход воды требуется в диапазоне от 210 до 250 литров на кубометр бетонной смеси и пластифицирующей добавки ПЛКП-2 от 0,5 до 1,0% от массы цемента. Как следует из представленных на этом рисунке зависимостей, прочность бетона увеличивается при снижении расхода воды незначительно и остается примерно такой как требуется для наших целей. Поэтому очевидно, что требуемый для наших целей предел прочности бетона на сжатие 7,0 МПа можно получить при расходе воды от 210 до 250 литров, при котором обеспечивается достаточная удобоукладываемость бетонной смеси, и около 150 кг цемента на кубометр бетонной смеси. Для уточнения состава нижнюю границу расхода цемента можно принять около 130 кг на кубометр бетонной смеси. А уточнить минимально необходимый расход цемента для получения требуемого предела прочности бетона на сжатие необходимо в процессе проведения дополнительных исследований.

Учитывая вышеприведенный анализ результатов обработки экспериментальных исследований, выполненных с применением методов математического планирования экспериментов, определим составы для поиска и уточнения рациональных, которые можно использовать при устройстве подстилающих слоев пола для обеспечения нормированного теплоусвоения в соответствии с требованиями п. 5.4 СНиП 2.03.13-88. Этот бетон должен иметь средний предел прочности на сжатие 7,0 МПа, при использовании цемента активностью около 40,0 МПа. Эти составы и результаты определения предела прочности на сжатие контрольных образцов бетона в 28-ми суточном возрасте представлены в табл. 2 с использованием в качестве добавки-наполнителя золы уноса Приднепровской ГРЭС и хвостов обогащения железных руд Криворожского ЮГОКа.

Таблица 2

Составы и результаты их испытаний с использованием граншлака завода имени Петровского, золы уноса Приднепровской ГРЭС, хвостов обогащения железных руд Криворожского ЮГОКа, цемента П/Б-Ш-400, активностью 40,5 МПа и добавки местного производства ПЛКП-2 (Д, % от массы цемента)

№ состава	Расход материалов на м ³ , кг							Уд-укл. ОК, см	Плотнк г/м ³	Предел прочн. R ₆ ²⁸ , МПа	10 R ₆ ²⁸ /Ц
	Ц	Хвосты	Граншл.	Зола	П	В	Д, %				
4	130	420	675	-	400	230	1,0	1,5	1,75	7,7	0,59
5	150	400	675	-	400	230	1,0	1,0	1,73	8,9	0,59
6	170	380	675	-	400	230	1,0	1,0	1,76	10,2	0,6
4	140	-	675	410	400	230	1,0	1,5	1,78	7,3	0,52
5	160	-	675	390	400	230	1,0	1,5	1,77	8,2	0,51
6	180	-	675	370	400	230	1,0	1,0	1,72	8,9	0,49

Анализом представленных в табл. 2 результатов испытания контрольных образцов бетона в 28-ми суточном возрасте установлены следующие закономерности. Требуемый предел прочности бетона на сжатие 7,0 МПа можно получить в исследуемом диапазоне при использовании в составах в качестве наполнителя как золы уноса Приднепровской ГРЭС, так и хвостов обогащения железных руд Криворожского ЮГОКа.

В процессе приготовления и укладки бетонных смесей на строительной площадке могут изменяться влажность компонентов, трудно обеспечить точную дозировку компонентов, могут влиять некоторые другие производственные факторы. Поэтому для гарантированного обеспечения требуемой нормативной прочности бетона в подстилающих слоях пола для обеспечения нормированного теплоусвоения в соответствии с требованиями п. 5.4 СНиП 2.03.13-88 целесообразно принять составы №2 и 5 из табл. 2. Следовательно, при использовании в качестве добавки-наполнителя золы уноса приднепровской ГРЭС целесообразно использовать такой номинальный состав на кубометр бетонной смеси: цемента 160 кг, граншлака завода имени Петровского 675 кг, золы уноса Приднепровской ГРЭС 390 кг, песка 400 кг, воды 230 литров. А при использовании в качестве добавки-наполнителя хвостов обогащения железных руд Криворожского ЮГОКа целесообразно использовать такой номинальный состав на кубометр бетонной смеси: цемента 150 кг, граншлака завода имени Петровского 675 кг, хвостов обогащения железных руд Криворожского ЮГОКа 400 кг, песка 400 кг, воды 230 литров. В производственных условиях эти составы необходимо корректировать в зависимости от влажности используемых компонентов.

Выводы.

1. При обеспечении рационального зернового состава компонентов можно получить легкие бетоны заданной прочности на основе граншлака завода имени Петровского, используя в качестве наполнителей хвосты обогащения железных руд Криворожского ЮГОКа или золы уноса Приднепровской ГРЭС.

2. Для обеспечения требуемой прочности легкого бетона класса В5 на основе местных вторичных продуктов промышленности достаточно цемента 150 кг на кубометр бетонной смеси.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА.

1. Волженский, А.В. Применение зол и шлаков в производстве строительных материалов [Текст] / А.В. Волженский, ИЛ. Иванов, Б.Н. Виноградов. — М.: Стройиздат, 1984. — 216 с.
2. Иванов, И.А. Легкие бетоны с применением зол электростанций [Текст] / И.А. Иванов. — М.: Стройиздат, 1986. — 136 с.
3. Feng Nai-Qian. High-strength and flowing concrete with a zeolitic mineral admixture [Текст] / Feng Nai-Qian, Li Gui-Zhi, Zang Xuan-Wu // Cem., Concr., and Aggreg. -1990. -V12. -№2. - P. 61-69.
4. Нетеса Н.И., Паланчук Д.В. Проектирование составов легких бетонов со вторичными ресурсами Днепропетровского региона [Текст] Н.И. Нетеса, Д.В. Паланчук // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна вип. 33 . – Д.: Дніпр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В Лазаряна, 2010. – С.180-184.
5. Нетеса Н.И., Паланчук Д.В. Легкие бетоны на основе граншлака завода имени Петровского [Текст] Н.И. Нетеса, Д.В. Паланчук // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна вип. 35 . – Д.: Дніпр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В Лазаряна, 2010. – С. 156-161.
6. Пунагін, В.Н. Проектування складів гідротехнічного бетону [Текст] / В.Н. Пунагін, О.М. Пшінько, Н.М. Руденко. – Д.: Арт-Прес, 1998. – 192 с.
7. СНиП 2.03.13-88 Полы [Текст]. – Взамен СНиП II-В.8-71; введ. 01.01.89. – М.: Госстрой СССР, 1989. – 15 с.

SUMMARY

In modern building except the high durability concretes applied for erection of frameworks of building, the considerable volumes of low durability concretes are required by durability to 10 MPa with as possible a less middle closeness. Such concretes applied for the device of laying layers of sexes and partitions must provide good sound-proof properties and lowered loading on ceiling. These concretes it is expedient to get with the use of local secondary resources for their utilization and decline of the ecological loading on an environment. It is necessary to design such compositions of concretes with the lowered expense of cement. This problem until now is not decided. It is known that coefficient of efficiency of the use of cement in the heavy concretes of class of B10 and approximately 0,5 less makes, that almost in 2 times less than in the concretes of class of B15 and higher. Yet below coefficient of efficiency of the use of cement in the easy concretes of subzero durability. In the article conformities to law of determination of compositions of easy concretes are presented on the basis of local afterproducts of industry with enhanceable efficiency of the use of cement.

On the basis of undertaken experimental studies with the use of mathematical method of their planning conformities to law of providing of necessary descriptions of concretes are certain from the expense of basic components at providing of rational grain-growing composition of components. The got compositions differ in enhanceable efficiency of the use of cement as compared to analogical, rational grain-growing composition of components is not provided in that.

Got nomograms of dependence of durability of concrete in 28th day's age from the varied factors at using as a filler, both ash of carrying away of Pridneprovska GRES and milltailings of iron-stones of Krivirogskij UGOG, allow to determine necessary compositions for certain constructions depending on the requirements produced to them. On the basis of these results of researches compositions are certain for a search and of clarification rational, that can be used for the device of laying layers of sex for providing of rationed mastering of heat in accordance with the requirements of п. 5.4 SNiP 2.03.13-88. This concrete must have middle tensile strength on a compression 7,0 MPa, at the use of cement activity about 40,0 MPa. These requirements are answered by compositions with the expense of cement 160 kilograms on the cubic meter of concrete, granular slag plant of the name Peter 675 kg, ash of carrying away of Pridneprovska GRES or as an addition-filler of milltailings of iron-stones of Krivirogskij UGOG 390 kg, sand 400 kg

Thus, on results undertaken studies possibility of economy expense of cement is set in the easy concretes of subzero durability during substantial utilization in them afterproducts of local industry.

USED LITERATURE.

1. Volgenskij, A.V. Application of evils and slags is in the production of building materials [Text] / A.V. Volgenskij, I. L. Ivanov, B. N. Vinogradov. — M.: Stroyizdat, 1984. — 216 p.
2. Punagin, V.N. Planning of syllables of hydrotechnical concrete [Text] / V.N. Punagin, O.M. Pshin'ko, N. M. Rudenko. — D.: Art-Pres, 1998. — 192 p.
3. Ivanov, I.A. Easy concretes with the use of evils of power-stations [Text] / I.A. Ivanov — M.: Stroyizdat, 1986. — 136 p.
4. Feng Nai-Qian. High-strength and flowing concrete with a zeolitic mineral admixture [Текст] / Feng Nai-Qian, Li Gui-Zhi, Zang Xuan-Wu // Cem., Concr., and Aggreg. -1990. -V12. -№2. - P. 61-69.
5. Netesa N. I., Palanchuk D. V. Planning of compositions of easy concretes with the внутрішніми resources of the Dnepr region [Text] N. I. Netesa, D. V. Palanchuk // Announcer of the Dnepropetrovsk national university of railway transport of the name of academician V. Lazaryana prod. 33 . — D.: Dnip. nat. un-ty of rail. Trans. 2010. — P.180-184.
6. Netesa N. I., Palanchuk D. V. Easy concretes on the basis of граншлака plant of the name Peter [Text] N. I. Netesa, D. V. Palanchuk // Announcer of the Dnepropetrovsk national university of railway transport of the name of academician V. Lazaryana prod. 33 . — D.: Dnip. nat. un-ty of rail. Trans. 2010. — P.156-161.
7. SNiP 2.03.13-88 Полы [Текст]. — In exchange SNiP II-B.8-71; entered 01.01.89. — M.: Gosstroy USSR, 1989. — 15 p.

УДК 666.972.16

ЛЕГКІ БЕТОНИ НА ОСНОВІ ГРАНШЛАКУ / М.І. Нетеса, Д.В. Паланчук // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Д.: ПГАСА, 20__ - №__. – С.__-__ - рисунків 2, таблиць 2, літературних джерел 7.

Ключові слова: легкий бетон, вторинні продукти промисловості, міцність, щільність, стіновий матеріал, цемент, ефективність.

Представлені результати досліджень щодо визначення можливості ефективного використання місцевих вторинних продуктів промисловості в легких бетонах, які можуть використовуватися для різних виробів і конструкцій, зокрема для влаштування підстиляючих шарів підлоги. Результатами експериментальних досліджень підтверджена можливість отримання для цих елементів конструкції підлоги бетонних сумішей на основі граншлака і хвостів збагачення залізних руд при витраті цементу 150 кг/м³.

УДК 666.972.16

ЛЕГКИЕ БЕТОНЫ НА ОСНОВЕ ГРАНШЛАКА / Н.И. Нетеса, Д.В. Паланчук // Вестник Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры. – Д.: ПГАСА, 20__ - №__. – С.__-__ - рисунков 2, таблиц 2, литературных источников 7.

Ключевые слова: легкий бетон, вторичные продукты промышленности, прочность, плотность, стеновой материал, цемент, эффективность.

Представлены результаты исследований по определению возможности эффективного использования местных вторичных продуктов промышленности в легких бетонах, применяемых для различных изделий и конструкций, в том числе для устройства подстилающих слоев полов. Результатами экспериментальных исследований подтверждена возможность получения для этих элементов конструкции пола бетонных смесей на основе граншлака и хвостов обогащения железных руд при расходе цемента 150 кг/м³.

УДК 666.972.16

EASY BETONS ON BASIS OF GRANSHLAK / N. I. Netesa, D. V. Palanchuk // Announcer of the Pridneprovsk State Academy Of Building And Architecture. – D.: PGASA, 20__ - №__. – С.__-__ - pictures 2, tables 2, literary sources 7.

keywords : easy concrete, afterproducts of industry, durability, closeness, wall material, cement, efficiency.

The results of determination of rational compositions of concretes answering requirements of operating standards on tensile strength on the compression for some constructions are represented. In these compositions as a basic component used granshlak factory the name Petrovskogo of, and as napolnyteley ash of taking away of Prydneprovskoy GRES and milltailingss iron-stones of Kryvorozhskogo UGZC.