Расчетно-графическая работа

на тему: Использование промышленных отходов в производстве строительных конструкций, изделий и материалов

Одесса

2010

**Введение**

Дисперсные минеральные добавки рекомендуются вводить в бетон и бетонные смеси для достижения следующих основных целей:

- Обеспечение экономии цемента, повышение однородности, связанности, удобоукладываемости бетонной смеси и обеспечения специальных свойств. - Обеспечение специальных свойств бетона - сульфатостойкости, жаростойкости, водостойкости, сопротивляемости щёлочной коррозии, уменьшение тепловыделении; снижение стоимости бетона.

Эффективность действия минеральных добавок зависит от их водопотребности и активности, состава бетона, наличия пластификатора, условий выдерживания и режима ТВО. Эффективность возрастает со снижением класса бетона по прочности, а также при переходе от подвижных к жестким смесям и при использовании песков с повышенной пустотностью. Эффективность применения конкретных видов добавок следует устанавливать опытным путем в процентах подбора состава бетона.

**Характеристика некоторых видов добавок**

### Доменные шлаки

Одним из важнейших компонентов шлаковых цементов является доменный шлак, получаемый при выплавке чугуна; так как в исходной железной руде содержатся глинистые примеси и в коксе — зола, для их удаления в доменную шихту вводят флюсы — карбонаты кальция и магния. В процессе плавки, вступая в химическое взаимодействие с примесями, они образуют шлак, представляющий собой силикатный и алюмосиликатный расплав. Плотность доменных шлаков в два с лишним раза меньше, чем чугуна, поэтому шлаки в горне домны располагаются над слоем расплавленного чугуна и их периодически удаляют через отдельную шлаковую летку. Небольшая часть шлака, захватываемая расплавленным чугуном, также периодически выпускается, но уже через чугунную летку. На 1 т выплавляемого чугуна приходится примерно 0,6—1 т шлака. Основные оксидные составляющие шлака те же, что и у портландцементного клинкера, по соотношения между ними другие. Шлаки в зависимости от агрегата, в котором происходит переплавка того или иного чугуна на сталь, называются шлаками бессемеровского или мартеновского чугуна; шлаки специальных чугунов разделяются на фер-рохромовые, ферромаргапцевые и др. Чугуны разделяются на литейные, передельные и специальные. Каждому виду чугуна соответствует шлак определенного состава; при высоком содержании серы в коксе повышают содержание извести в шлаке; для ускорения процесса плавки в состав шихты вводят марганцевую руду, доломит и др., что влияет на химический состав шлака. Обычно шлак выпускается из домны с температурой 1673—1773 К, при которой он становится жидкотекучим и минимально вязким. Возможность использования шлака для цемента зависит от характера его переработки по выходе из домны. При медленном охлаждении на воздухе в шлаковых отвалах он превращается в плотный камень, причем в зависимости от состава он может постепенно рассыпаться в порошок вследствие так называемого силикатного распада в результате перехода |3-C2S в Y-QS. Распад может вызываться и гидратацией CaS, FeS и MnS (известковый, железный и марганцевый). Нерассыпающиеся медленно охлажденные шлаки дробят и в кусках применяют в дорожном и других видах строительства; для проверки стойкости шлаков во времени используют специальные методы контроля.

**Зола-унос**

Зола-уноса (далее — зола) представляет собой тонкодисперсный материал, состоящий, как правило, из частичек размером от долей микрона до 0,14 мм. Зола образуются в результате сжигания твердого топлива на ТЭС, и улавливается электрофильтрами, после чего в сухом состоянии отбирается с помощью золоотборника на производственные нужды, либо вместе с водой и шлаком отправляется на золоотвал.

Строение и состав золы зависит от целого комплекса одновременно действующих факторов: вида и морфологических особенностей сжигаемого топлива, тонкости помола в процессе его подготовки, зольности топлива, химического состава минеральной части топлива, температуры в зоне горения, времени пребывания частиц в этой зоне и др. При значительном содержании карбонатов в минеральной части исходного топлива под воздействием высоких температур в процессе горения образуются силикаты, алюминаты и ферриты кальция – минералы, способные к гидратации. Такие золы при затворении водой способны к схватыванию и самостоятельному твердению. В них, как правило, содержатся окись кальция и окись магния в свободном состоянии.

В соответствии с ГОСТ 25818-91 все золы по виду сжигаемого угля подразделяют на:

- антрацитовые, образующиеся при сжигании антрацита, полуантрацита и тощего каменного угля (А);

- каменноугольные, образующиеся при сжигании каменного, кроме тощего, угля (КУ);

- буроугольные, образующиеся при сжигании бурого угля (Б).

В зависимости от химического состава золы подразделяют на типы:

кислые (К) — антрацитовые, каменноугольные и буроугольные, содержащие оксид кальция до 10 %;

основные (О) — буроугольные, содержащие оксид кальция более 10 % по массе.

Золы в зависимости от качественных показателей подразделяют на 4 вида:

I — для железобетонных конструкций и изделий из тяжелого и легкого бетонов;

II — для бетонных конструкций и изделий из тяжелого и легкого бетонов, строительных растворов;

III — для изделий и конструкций из ячеистого бетона;

IV — для бетонных и железобетонных изделий и конструкций, работающих в особо тяжелых условиях (гидротехнические сооружения, дороги, аэродромы и др.).

**Топливные гранулированные шлаки**

Гранулированные шлаки представляют собой механическую смесь зерен размером 0,14-20 мм. Химический состав шлаков, может изменяться в широком диапазоне - от сверхкислых (М0<0,1) до основных (М0>1). Многие топливные шлаки характеризуются значительным количеством (20 % и более) оксидов железа, содержащихся преимущественно в закисной форме. Содержание стекловидной фазы составляет 85-98%, у основных шлаков оно может быть значительно ниже. В кристаллической фазе возможно наличие муллита, геленита, псевдоволластонита, двухкальциевого силиката и других минералов.

Химический состав гранулированных шлаков, полученных из одного и того же топлива, но с применением различных способов удаления, несколько различается. В топках топливо сжигают в условиях избытка воздуха, т. е. в слабо окислительной среде, в результате чего в кусковых шлаках образуются соединения трехвалентного железа. При жидком шлакоудалении ион Fе3+ восстанавливается до Fе2+ вследствие непосредственного взаимодействия Fе2O3 с углеродом.

Содержание кислых стеклообразующих оксидов (SiO2 + Аl2O3) в гранулированных шлаках находится обычно в пределах 70-85%. Только шлаки из угля Канско-Ачинского бассейна являются слабокислыми (М0 = 0,6-0,9), а шлаки из сланцев - основными (М0>1).

Гранулированные шлаки устойчивы к силикатному и железистому распаду, не вступают в реакцию с оксидами щелочных металлов в цементе, несмотря на наличие в них значительного количества аморфного SiO2.

Растворимый кремнезем предопределяет пуццолановый характер взаимодействия шлаковых зерен с цементным камнем. Реакционная способность повышается с увеличением количества СаО в стеклофазе и снижается при увеличении количества Fе2O3.

Непосредственное влияние на гидравлическую активность шлаков имеет их фазовый состав. Структура зерен шлака зависит от условий охлаждения. Так, шлаковые зерна, полученные при непосредственном попадании расплава в воду, т. е. при отсутствии условий кристаллизации, состоят из однородного алюможелезистосиликатного стекла. В воздушных условиях шлаковый расплав характеризуется более медленным режимом охлаждения, что способствует образованию зародышей кристаллов, вследствие чего структура шлака отличается закристаллизованностью.

Гранулированные шлаки от сжигания углей с низкокальциевой минеральной частью относятся к труднокристаллизующимся даже при относительно медленном охлаждении, содержат не более 10-15 % кристаллических компонентов.

Физико-механические характеристики шлака, его структура зависят от вида сжигаемого топлива и способа его удаления. Среди общей массы шлака можно выделить плотные и пористые зерна с различным количеством открытых и закрытых пор. Средняя плотность таких зерен может колебаться от 2,6 до 1,5 г/см3, в редких случаях встречаются зерна со средней плотностью до 1 г/см3. Истинная плотность шлака в основном 2,3-2,7 г/см3, насыпная находится в пределах 1100-1700 кг/м3.

Меньшая механическая прочность гранулированных шлаков по сравнению с отвальными объясняет их улучшенную размалываемость. На тонкое измельчение гранулируемых шлаков требуется в 1,3-1,5 раза меньше энергии, чем на измельчение отвальных шлаков.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Содержание добавки, кг/м3 при классе бетона | | | | | | |
|  | В10 150 | В15 200 | В20 250 | В22,5 300 | В25 50 | >В30 400 |
| Гранулированные, доменные и электротермофосфорные шлаки | 250-300 | 200-250 | 150-200 | 100-150 | 50-100 | 25-50 |
| топливные золы и  гранулированные шлаки | 150-250 | 75-225 | 50-150 | 25-100 | 0-50 | - |
| Вулканические горные породы | 150-250 | 75-225 | 50-150 | 25-100 | 0-50 | - |

Примечание:

Данные таблица 1 приведены для смесей марок п1 и ж1 приготовленных на основе песков средней крупности Мкрп=2

Расчёт и подбор номинального состава бетона на первом этапе принимают средний расход добавки Д1 из рекомендуемого диапазона в зависимости от класса бетона и вида добавки.

Расход воды в составе с добавкой принимают с учётом повышенной водопотребности минеральных смесей с минеральными добавками

В1= В0+ ∆В

В0 – расход воды бетонной смеси без добавки

∆В – увеличение бетонной смеси за счёт введения добавки

**Таблица 2. Увеличение водопотребности бетонной смеси, приведение различных минеральных добавок**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| добавки | Расход добавки, кг/м3 | Увеличение водопотребности бетонной смеси при расходе цемента, кг/м3 | | |
| <200 | 200-300 | >300 |
| доменные и электротермофосфорные шлаки | <100  100-200  200-300 | 0  0-5  5-10 | 0-5  5-10  10-20 | 5-10  10-20  20-35 |
| топливные золы и  гранулированные топливные шлаки | <100  100-200  200-300 | 0  0-10  5-20 | 0-5  5-20  15-40 | 5-15  10-30  – |

**Применяем средний расход добавки по таблице 1**

Д1= 225 кг/м3

Расход воды определяем по таблице 2

В1= В0+ ∆В

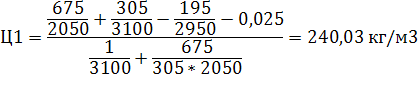
В0 – расход воды бетонной смеси без добавки

1. ∆В – увеличение бетонной смеси за счёт введения добавки В1=195+25=220 л/м3 Рассчитывает расход цемента



Ц0, П0 – расход цемента и песка в составе без добавки

Ц1, Д1 – расход цемента и добавки в составе с добавкой



Расход крупного заполнителя в составе с добавкой принимают такие же как и бездобавочных бетонов Щ1=Щ0 Щ1=1215 кг/м3

Расход мелкого заполнителя определяют по формуле



1. Определение цементно-водное отношение



(Ц/В)1 = Ц1/В1=240/220=1,09

1. Рассчитанные в пунктах 2-6 начальный состав бетона с добавкой проверяют на опытном замесе для уточнения и корректировки удобоукладываемости бетонной смеси.

Таким образом для опытного замеса используется следующий состав(N2)

Ц1=240 кг/м3; В1=220 л/м3 ; Д1= 225 кг/м3 ; Щ1= 1215 кг/м3; П1=531 кг/м3

1. Дополнительные составы бетона с добавкой определяют назначая расходы добавки равные границам диапазонов приведённых в таблице 1, рассчитывая и корректируя составы бетона соответственно с пунктами 2-7.

Всего принимают не менее девяти составов бетона(три основных и шесть дополнительных) различающихся значениями Ц/В на 0,3–0,5 расхода добавки для каждого из которых определяют удобоукладываемость, плотность бетонной смеси и фактически изготавливают контрольные образцы.

Применяем ещё два расхода добавки 200 кг и 250 кг аналогичным путём рассчитываем начальные составы бетона(N1, N3) и осуществляем их корректировку.

Фактические расходы материала на замес устанавливают по формулам 1–5, а расход добавки определяют:



– суммарная масса всех материалов в замесе



1. – расход минеральной добавки Из корректированных составов бетона изготавливают образцы. По результатам испытаний бетонов, строят базовые зависимости



Rб = f(Ц/В)

Rб = f(Ц)

1. По которым определяем требуемое значение Ц/В расхода и добавки обеспечивающие заданным показателям бетона. На основании фактической плотности бетонной смеси расхода цемента, воды, добавки и крупного заполнителя рассчитывают количество мелкого заполнителя.

**Состав бетона**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер состава | Расходы компонентов, кг | | | | | Ц/В | Плотности,  кг/м3 |
| Ц | В | Д | Щ | П |
| 0 | 305 | 195 | – | 1215 | 675 | 1,56 | 2390 |
| 1 | 238,82 | 205 | 200 | 1215 | 528,54 | 1,16 | 2387,36 |
| 2 | 240 | 220 | 225 | 1215 | 531 | 1,09 | 2431 |
| 3 | 226,73 | 225 | 250 | 1215 | 501,78 | 1,01 | 2418,51 |

**Применяем расход добавки N1 по таблице 1**

Д1= 200 кг/м3  Расход воды определяем по таблице 2

В1= В0+ ∆В

В0 – расход воды бетонной смеси без добавки

1. ∆В – увеличение бетонной смеси за счёт введения добавки В1=195+10=205 л/м3 Рассчитывает расход цемента



Ц0, П0 – расход цемента и песка в составе без добавки

Ц1, Д1 – расход цемента и добавки в составе с добавкой



Расход крупного заполнителя в составе с добавкой принимают такие же как и бездобавочных бетонов Щ1=Щ0 Щ1=1215 кг/м3 Расход мелкого заполнителя определяют по формуле



Определение цементно-водное отношение



(Ц/В)1 = Ц1/В1=238,82/205=1,16

Рассчитанные в пунктах 2-6 начальный состав бетона с добавкой проверяют на опытном замесе для уточнения и корректировки удобоукладываемости бетонной смеси.

Таким образом для опытного замеса используется следующий состав(N1)

Ц1=238,82 кг/м3; В1=205 л/м3 ; Д1= 200 кг/м3 ; Щ1= 1215 кг/м3; П1=528,54

Дополнительные составы бетона с добавкой определяют назначая расходы добавки равные границам диапазонов приведённых в таблице 1, рассчитывая и корректируя составы бетона соотвецтвенно с пунктами 2-7.

1. Применяем ещё один расхода добавки 150 кг аналогичным путём рассчитываем начальные составы бетона(N3) и осуществляем их корректировку. Д1= 250 кг/м3 . Расход воды определяем по таблице 2

В1= В0+ ∆В

В0 – расход воды бетонной смеси без добавки

1. ∆В – увеличение бетонной смеси за счёт введения добавки

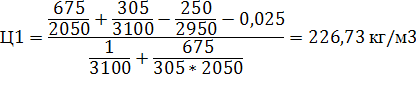
В1=195+30=225 л/м3

Рассчитывает расход цемента



Ц0, П0 – расход цемента и песка в составе без добавки

Ц1, Д1 – расход цемента и добавки в составе с добавкой



Расход крупного заполнителя в составе с добавкой принимают такие же как и бездобавочных бетонов Щ1=Щ0 Щ1=1215 кг/м3

Расход мелкого заполнителя определяют по формуле



Определение цементно-водное отношение



(Ц/В)1 = Ц1/В1=226,73/225=1,01

Рассчитанные в пунктах 2-6 начальный состав бетона с добавкой проверяют на опытном замесе для уточнения и корректировки удобоукладываемости бетонной смеси.

Таким образом для опытного замеса используется следующий состав(N1)

Ц1=226,73 кг/м3; В1=225 л/м3 ; Д1= 250 кг/м3 ; Щ1= 1215 кг/м3; П1=501,78 кг/м3

Готовим опытный замес из готовой смеси состава № 2 объём 10 литров и проверяем жесткость бетонной смеси составляет 5 сек. соответствует заданному значению.

Определяем плотность смеси опытным путём, её величина составляет 2350 кг/м3 , а расчетное равно 2431 принимаем расчётную. Корректируем расходы компонентов с учётом фактической плотности бетонной смеси и фактических материалов на замес.



Определяем плотность смеси опытным путём, её величина составляет 2350кг/м3 , а расчетное равно 2387,36 принимаем расчётную. Корректируем расходы компонентов с учётом фактической плотности бетонной смеси и фактических материалов на замес.



Определяем плотность смеси опытным путём, её величина составляет 2350 кг/м3 , а расчетное равно 2418,51 принимаем расчётную. Корректируем расходы компонентов с учётом фактической плотности бетонной смеси и фактических материалов на замес.



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  сост. | Расход компонентов | | | | | Жёсткость  смеси | Ц/В | Плотность,  кг/м3 |
| Ц | В | П | Щ | Д |
| 0 | 305 | 195 | 675 | 1215 | – | 5 | 1,56 | 2390 |
| 1 | 235 | 202 | 520 | 1196 | 197 | 5 | 1,16 | 2350 |
| 2 | 232 | 213 | 513 | 1174 | 218 | 5 | 1,09 | 2350 |
| 3 | 220 | 219 | 488 | 1181 | 243 | 5 | 1,00 | 2351 |

Дополнительные составы рассчитывают принимая для них значение Ц/В отличаются на ±0,4 исходного расчётного значения соответствующих начальных составов.

При определение водопотребности в этих составах пользуются уточненнымии данными при приготовлении смесей составов 1–3.



Из бетона № 2 формуем опытные образцы. После этого подвергаем пропариванию по заданному режиму испытания образцов через четыре часа и 28 суток нормального твердения после пропаривания сводим в таблицы и строим зависимости. По критерию минимального расхода цемента применяем состав с оптимальным расходом добавки, цемента, воды и цементно-водного отношения.

**Расчёт и подбор номинального состава бетона с минеральной добавкой при отсутствии данных о составе без добавки**

1. Расход минеральной добавки применяем с пунктом 1 первой части. Д1= 225 кг/м3 Ц/В в начальном составе

Ц/В=1,25

Расход воды в начальном составе применяем по рисунку 1

В1= В0+ ∆В

В0 – расход воды бетонной смеси без добавки

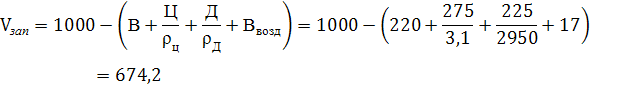
∆В – увеличение бетонной смеси за счёт введения добавки

В1=195+25=220 л/м3

1. Расход цемента

Ц = Ц/В×В1 = 1,25×220=275 кг/м3

1. Абсолютный объём заполнителя рассчитывают



1. Расход песка определяем при доли писка r принятой по таблице 3

П=Vзап\*r\*ρп=674,2\*0,555\*2,05=767,07 кг/м3

1. Расход щебня

Щ=Vзап\*(1-r)\*ρщ=674,2\*(1-0,555)\*2,62=786,05 кг/м3

Определение доли песка и заполнителей в смеси на 1 м3 бетонной смеси при удобоукладываемости бетонной смеси от ж = 20с до осадки конуса 10 см

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Расход цемента,  кг | Набольшая крупность щебня | | |
| **10** | **20** | **30** |
| 200 | 0,45 | 0,42 | 0,39 |
| 300 | 0,42 | 0,39 | 0,36 |
| 400 | 0,39 | 0,36 | 0,33 |
| 500 | 0,36 | 0,33 | 0,30 |
| 600 | 0,33 | 0,30 | 0,27 |

Таблица составлена для песка Mк=2 при увеличении. При увеличении или уменьшении Mк ±0,5 доля пека увеличивается или уменьшается на r = 0,03

При использовании гравия доля песка уменьшается на r = 0,05.

Для ж > 20с r уменьшается на 0,04, при осадке конуса > 10 см r увеличивают на 0,04.

1. Дальнейшие расчёты основных начальных и дополнительных составов и их коррекции осуществляют пунктами 7–10 первой части. Набольший состав бетона с добавкой рассчитывают по пункту 11–12.

Применяем два расхода добавки 200 и 250 кг/м3 и аналогичным путём рассчитываем N1 и N3 и сводим в таблицу.

**Состав 1**

1. Расход минеральной добавки состава **N1** применяем с пунктом 1 первой части. Д1= 200 кг/м3
2. Ц/В в начальном составе

Ц/В=1,25

Расход воды в начальном составе применяем по рисунку 1 В1= В0+ ∆В

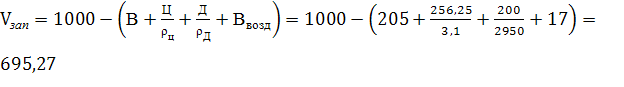
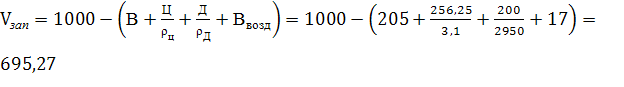
В0 – расход воды бетонной смеси без добавки

∆В – увеличение бетонной смеси за счёт введения добавки

В1=195+10=205 л/м3

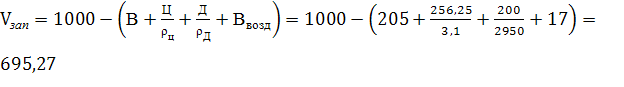
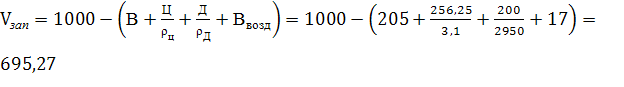
1. Расход цемента

Ц = Ц/В×В1 = 1,25×205=256,25 кг/м3



1. Абсолютный объём заполнителя рассчитывают

м3



1. Расход писка определяем при доли писка r принятой по таблице 3

П=Vзап\*r\*ρп=695,27\*0,555\*2,05=791,04 кг/м3

1. Расход щебня

Щ=Vзап\*(1-r)\*ρщ=695,27\*(1-0,555)\*2,62=810,6 кг/м3

**Состав 3**

1. Расход минеральной добавки состава **N3** применяем с пунктом 1 первой части. Д1=250 кг/м3
2. Ц/В в начальном составе

Ц/В=1,25

Расход воды в начальном составе применяем по рисунку 1

В1= В0+ ∆В

В0 – расход воды бетонной смеси без добавки

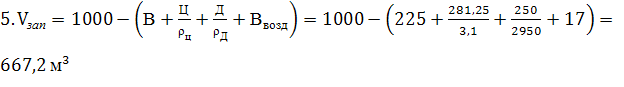
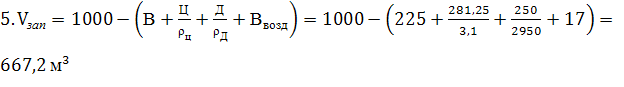
∆В – увеличение бетонной смеси за счёт введения добавки

В1=195+30=225 л/м3

1. Расход цемента

Ц = Ц/В×В1 = 1,25×225=281,25 кг/м3

Абсолютный объём заполнителя рассчитывают



Расход песка определяем при доли писка r принятой по таблице 3

1. П=Vзап\*r\*ρп=667,2\*0,555\*2,05=759,1 кг/м3

Расход щебня

1. Щ=Vзап\*(1-r)\*ρщ=667,2\*(1-0,555)\*2,62=777,9 кг/м3

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер состава | Расходы компонентов, кг | | | | | Ц/В | Плотности,  кг/м3 |
| Ц | В | Д | Щ | П |
| 1 | 256,25 | 205 | 200 | 810,6 | 791,04 | 1,25 | 2263 |
| 2 | 275 | 220 | 225 | 786,05 | 767,07 | 1,25 | 2273 |
| 3 | 281,25 | 225 | 250 | 777,9 | 759,1 | 1,25 | 2293 |

**Производство строительных материалов и утилизация промышленных отходов**

*Промышленность строительных материалов* — базовая отрасль строительного комплекса. Она относится к числу наиболее материалоемких отраслей промышленности. Материалоемкость определяется отношением количества или стоимости израсходованных на производство продукции материальных ресурсов к общему объему продукции. Учитывая, что многие минеральные и органические отходы по своему химическому составу и техническим свойствам близки к природному сырью, а во многих случаях имеют и ряд преимуществ (предварительная термическая обработка, повышенная дисперсность и др.), применение в производстве строительных материалов промышленных отходов является одним из основных направлений снижения материалоемкости этого массового многотоннажного производства. В то же время снижение объемов разрабатываемого природного сырья и утилизация отходов имеет существенное экономико-экологическое значение. В ряде случаев применение сырья из отвалов промышленных предприятий практически полностью удовлетворяет потребности отрасли в природных ресурсах.

Первое место по объему и значению для строительной индустрии принадлежит доменным шлакам, получаемым в качестве побочного продукта при выплавке чугуна из железных руд. В настоящее время доменные шлаки являются ценным сырьевым ресурсом для производства многих строительных материалов и прежде всего портландцемента. Использование доменных шлаков как активного компонента цемента позврляет существенно увеличить его выпуск. Европейскими нормами разрешается вводить в портландцемент до 35% доменного гранулированного шлака, а в шлакопортландцемент — до 80%. Ввод доменных шлаков в сырьевую смесь увеличивает производительность печей и снижает расход топлива на 15%. При использовании доменных шлаков для производства шлакопортландцемента снижаются топливно-энергетические затраты на единицу продукции почти в 2 раза, а себестоимость — на 25—30%. Кроме того, шлак как активная добавка значительно улучшает ряд строительно-технических свойств цемента.

Доменные шлаки стали сырьем не только для традиционных, но и для таких сравнительно новых эффективных материалов, как шлакоситаллы — продуктов, полученных методом каталитической кристаллизации шлакового стекла. По прочностным показателям шлакоситаллы не уступают основным металлам, существенно превышая стекло, керамику, каменное литье, природный камень. Шлакоситаллы в 3 раза легче чугуна и стали, они имеют прочность на истирание в 8 раз выше, чем у каменного литья и в 20—30 раз, чем у гранита и мрамора.

По сравнению с доменными пока значительно в меньшей степени используются сталеплавильные шлаки и шлаки цветной металлургии. Они являются большим резервом получения строительного щебня и могут быть с успехом использованы в производстве минеральной ваты, портландцемента и других вяжущих материалов, бетонов автоклавного твердения.

Большим количеством отходов в виде различных шламов характеризуется глиноземное производство. Несмотря на отличия в химическом составе шламов, остающихся после выщелачивания А1203 из природного глиноземсодержащего сырья, все они содержат 80—85% гидратированного двухкальциевого силиката. После обезвоживания этот минерал обладает способностью твердеть как при нормальной температуре, так и в условиях тепловлажностной обработки. Наиболее крупнотоннажный отход глиноземного производства — нефелиновый (белитовый) шлам — с успехом используется для производства портландцемента и других вяжущих, материалов автоклавного твердения и др. При применении нефелинового шлама в производстве портландцемента расход известняка сокращается на 50—-60%, производительность вращающихся печей повышается на 25—30%, а расход топлива снижается на 20—25%.

Большое количество отходов в виде золы и шлаков, а также их смесей образуется при сжигании твердых видов топлива. Их выход составляет: в бурых углях — 10—15%, каменных углях — 5—40%, антраците — 2—30%, горючих сланцах — 50—80%, топливном торфе — 2—30%. В производстве строительных материалов обычно используются золы сухого удаления и золошлаковая смесь из отвалов. Область применения золошлакового сырья в производстве строительных материалов чрезвычайно разнообразна. Наиболее значительными направлениями использования топливных зол и шлаков являются дорожное строительство, производство вяжущих, тяжелых и ячеистых бетонов, легких заполнителей, стеновых материалов. В тяжелых бетонах золы используют, в основном, в качестве активной минеральной добавки и микронаполнителя, что позволяет снизить расход цемента на 20—30%. В легких бетонах на пористых заполнителях золы применяют не только как добавки, снижающие расход цемента, но и как мелкий заполнитель, а шлаки в качестве пористого песка и щебня. Золы и шлаки используются также для изготовления искусственных пористых заполнителей легких бетонов. В ячеистых бетонах зола применяется как основной компонент или добавка для снижения расхода вяжущего.

Все большее применение в промышленности строительных материалов находят отходы угледобычи и углеобогащения. На углеобогатительных фабриках угольных бассейнов ежегодно образуются миллионы тон отходов, которые с успехом могут быть использованы для получения пористого заполнителя и кирпича. Использование отходов углеобогащения в качестве топливной и отощающей добавки при изготовлении керамических изделий позволяет сократить расход условного топлива на 50—70 кг на 1000 шт. кирпича и повысить его марку. При строительстве дорог отходы угледобычи могут широко использоваться в конструкции дорожной одежды.

Ценнейшее сырье для промышленности строительных материалов представляют собой отходы горнорудных предприятий и предприятий нерудной промышленности. Можно привести немало примеров эффективного использования вскрышных пород, отходов обогащения руд, отсевов дробления как сырья для получения вяжущих, автоклавных материалов, стекла, керамики, фракционированных заполнителей. Эксплуатационные расходы на получение 1 м3 щебня из отходов горнорудных предприятий в 2—2,5 раза ниже, чем на добычу его из карьеров.

Значительным выходом отходов, представляющих интерес для производства строительных материалов, характеризуется химическая промышленность. Основными из них являются фосфорные шлаки и фосфогипс. Фосфорные шлаки — отходы при возгонке фосфора в электропечах — перерабатываются, в основном, в гранулированные шлаки, шлаковую пемзу и литой щебень. Гранулированные электротермофос-форные шлаки близки по структуре и составу к доменным и так же с высокой эффективностью могут использоваться в производстве цементов. На их основе разработана технология шлакоситаллов. Использование фосфорных шлаков в производстве стеновой керамики позволяет повысить марку кирпича и улучшить другие его свойства.

Потребности промышленности строительных материалов в гипсовом сырье практически в полной мере можно удовлетворить за счет гипсосодержащих отходов промышленности и, в первую очередь, фосфогипса. К настоящему времени разработан ряд технологий получения строительного и высокопрочного гипса из фосфогипса, реализованных пока недостаточно. Этому в определенной мере способствует существующая ценовая политика на природное сырье, не поощряющая в полной мере альтернативных вторичных сырьевых ресурсов. В Японии, где нет собственных запасов природного гипсового сырья, для получения разнообразных гипсовых изделий фосфо-гипс используют практически полностью.

Применение фосфогипса эффективно также в производстве портландцемента, где он не только позволяет, как и природный гипсовый камень, регулировать сроки схватывания цемента, но, будучи введенным в сырьевую смесь, выполняет роль минерализатора, снижающего температуру обжига клинкера.

Большая группа эффективных строительных материалов изготавливается из отходов древесины и переработки другого растительного сырья. С этой целью используют опилки, стружку, древесную муку, кору, сучья, костру и т. д. Все древесные отходы можно разделить на три группы: отходы лесозаготовительной промышленности, отходы лесопильного производства и отходы деревообрабатывающей промышленности.

Из отходов древесины, полученных на различных стадиях ее переработки, изготовляют древесно-волокнистые и древесно-стружечные плиты, арболит, ксилолит, опилкобетон, ксилобетон, фибролит, коро-лит, древесные пластики. Все эти материалы в зависимости от области применения разделяют на конструкционно-теплоизоляционные, теплоизоляционные и отделочные.

Применение материалов на основе древесных отходов, наряду с высокими технико-экономическими показателями, обеспечивает архитектурную выразительность, хороший воздухообмен и микроклимат помещений, улучшенные теплотехнические показатели.

Значительный объем отходов, которые могут служить вторичными сырьевыми ресурсами, образуется на самих предприятиях строительных материалов. Это, наряду с отходами производства нерудных материалов, стекольный и керамический бой, цементная пыль, отходы производства минеральной ваты и др. Комплексное использование сырья на большинстве предприятий позволяет создавать безотходные технологии, при которых полностью сырьевые ресурсы перерабатываются в строительные материалы.

Существенные резервы для развития сырьевого потенциала в производстве строительных материалов представляют отходы городского хозяйства. В передовых странах мира в составе твердых бытовых отходов превалируют макулатура, полимерные продукты, текстиль, стекло. Имеется многолетний опыт производства на базе этих отходов картона, волокна, строительных пластмассовых изделий и др.

При оценке промышленных отходов как сырья для производства строительных материалов необходимо учитывать их соответствие нормам на содержание радионуклидов. Как природное, так и техногенное сырье включает радионуклиды (радий-226, торий-232, калий-40 и др.), которые являются источниками у-радиоизлучений. При распаде радия-226 выделяется радиоактивный газ, который поступает в окружающую среду. По расчетам специалистов, он вносит до 80% в общую дозу облучения людей.

В соответствии со строительными нормами в зависимости от концентрации радионуклидов строительные материалы делятся на три класса:

1-й класс. Суммарная удельная активность радионуклидов не превышает 370 Бк/кг. Эти материалы используются для всех видов строительства без ограничений.

2-й класс. Суммарная удельная активность радионуклидов находится в диапазоне от 370 до 740 Бк/кг. Эти материалы могут быть использованы для дорожного и промышленного строительства в границах территории населенных пунктов и зоны перспективной застройки.

3-й класс. Суммарная удельная активность радионуклидов не превышает 700, но ниже 1350 Бк/кг. Эти материалы можно использовать в дорожном строительстве за границами населенных пунктов — для оснований дорог, дамб и др. В границах населенных пунктов их можно применить для строительства подземных сооружений, покрытых слоем грунта толщиной более 0,5 м, где исключено длительное пребывание людей.

Если величина суммарной удельной активности радионуклидов в материале превышает 1350 Бк/кг, вопрос о возможном применении таких материалов решают в каждом случае отдельно при согласовании с органами здравоохранения.

Содержание радионуклидов в промышленных отходах определяется их происхождением, концентрацией природных радионуклидов в исходном сырье. Например, в фосфогипсах ряда стран концентрация радионуклидов по радию-226 находится в пределах 600—1500 Бк/кг, торию-232 — 5—7Бк/кг и калию-40 — 80—110 Бк/кг. Фосфогипсы российских и украинских предприятий имеют незначительную активность, которая не превышает 1005 Бк/кг.

В Европейских нормах запрещается использование в строительстве материалов с радиационным излучением свыше 25 нКи/кг; рекомендуется контролировать материалы с радиационным излучением от 10 до 25 нКи/кг и считать нерадиоактивными материалы с радиационным излучением менее 10 нКи/кг.

Широкая утилизация отходов в производстве строительных материалов требует решения ряда организационных и научно-технических проблем. Необходима региональная каталогизация отходов с указанием их полной характеристики. Требует развития стандартизация отходов как сырьевых ресурсов в производстве конкретных строительных материалов. Масштабы утилизации промышленных отходов и отходов городского хозяйства будут расширяться по мере внедрения комплекса технических мер по стабилизации их состава, повышению степени технологической подготовки (снижение влажности, гранулирование и др.).

Огромное значение имеет экономическое стимулирование, включающее вопросы ценообразования, финансирования, материального стимулирования.