

УДК 691.22

**ПОДГОТОВКА ПЕСКА ДЛЯ БЕТОНА – РЕЗЕРВ СНИЖЕНИЯ
СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

**ПІДГОТОВКА ПІСКУ ДЛЯ БЕТОНУ - РЕЗЕРВ ЗНИЖЕННЯ
ВАРТОСТІ БУДІВНИЦТВА**

**SAND PREPARATION FOR CONCRETE - RESERVE REDUCE
CONSTRUCTION COSTS**

Львович К.И., д.т.н. проф. (НПЦ “Стройтех”, Российская Федерация)

Львович К.Й., д.т.н. проф. (НВЦ "Стройтех", Російська Федерація)

**L’vovich K. I., doctor of technical sciences, professor (SPC "Stroytekh",
Russian Federation)**

Отечественная промышленность по производству товарного бетона, заводы ЖБИ и ДСК, производящие сборный железобетон, используют в качестве заполнителей песок и щебень, как правило, не подвергавшиеся дополнительной обработке после их добычи. И если сама технология получения щебня включает дробление и сортировку материала, т.е. позволяет поставлять, по крайней мере, две фракции крупного заполнителя, то добытый песок обычно никак не обрабатывается.

Вітчизняна промисловість з виробництва товарного бетону, заводи ЗБВ і ДБК, що виробляють збірний залізобетон, використовують як заповнювачі пісок і щебінь, як правило, не піддавалися додатковій обробці після їх видобутку. І якщо сама технологія отримання щебеню включає дроблення і сортування матеріалу, тобто дозволяє поставляти, принаймні, дві фракції великого заповнювача, то видобутий пісок зазвичай ніяк не обробляється.

The domestic industry for the production of ready-mixed concrete, concrete products plants and DSC-producing precast concrete is used as a filler sand and gravel, as a rule, are not subjected to additional treatment after their prey. And if the technology is getting crushed involves crushing and sorting of material, ie, enables the delivery of at least two fractions of coarse aggregate, the sand is mined usually not processed.

Ключовые слова:

Песок, бетон, строительство.

Пісок, бетон, будівництво
Sand, concrete, construction.

Исследованиями отечественных и зарубежных ученых показано, что от песка как основного носителя поверхности, гранулометрия которого определяет пустотность заполнителя, главным образом зависит расход цемента в бетоне. И поэтому именно природный песок в первую очередь должен быть подвергнут переработке.

В настоящее время нет единого мнения о том, каковы должны быть критерии качества песка для изготовления железобетонных конструкций. Приемлемыми считаются пески, соответствующие стандарту, а лучшими из них – крупные пески, причем основным критерием, используемым в России для оценки их качества, является модуль крупности. В то же время различными исследователями неоднократно указывалось, что при одинаковом модуле крупности удельная поверхность песков может отличаться в 1,5–1,8 раза и что модуль крупности не может служить надежной оценкой качества песка.

Приблизительность используемых критериев, отсутствие привязки качества песка к классу бетона и техническим возможностям формующего оборудования не дают возможности оптимизировать состав песка, а использование необработанных песков приводит к перерасходу цемента и снижению качества бетона.

За использование неподготовленных заполнителей приходится платить дважды: за случайный гранулометрический состав, наличие примесей, а также за нестабильность технологического процесса в связи с постоянно меняющимися характеристиками заполнителей, в том числе и получаемыми от одного поставщика, сегрегацией песка в процессе разгрузки и др.

Песок имеет также постоянно меняющуюся от замеса к замесу влажность, которую, из-за отсутствия экспрессных методов определения ее в потоке, приходится устанавливать, как правило, органолептически оператору бетоносмесительного узла. Все это приводит к повышению стоимости бетона в связи с увеличением расхода цемента на 10–20%. В отдельных случаях, например при изготовлении конструкций из песчаного бетона, перерасход цемента (по сравнению с использованием песка оптимального грансостава) составляет 80–140 кг/м³ или до 30%. Но и для массовых случаев увеличение расхода цемента в среднем на 15% – совершенно недопустимая величина.

Одним из следствий применения песков без дополнительной обработки является поставка смерзшегося песка, разгрузка которого приводит к серьезным трудностям для заводов – использованию бурорыхлительных машин и др., причем проблемы не ограничиваются разгрузкой, т.к. смерзшиеся комья разгруженного песка не могут быть непосредственно использованы в технологическом процессе.

Перерасход цемента в границах 15% при использовании необработанных речных, карьерных песков неоднократно подтверждался теоретическими и экспериментальными работами отечественных и зарубежных ученых, а также практикой бетонных работ за рубежом, где это положение отражено в нормативных документах по технологии бетона. Как известно, в подавляющем большинстве случаев за рубежом на заводы и стройки поставляются мытые сухие фракционированные (разделенные на 4–5 фракций) пески, что позволяет для каждой марки бетона и каждой удобоукладываемости бетонной смеси использовать оптимальный фракционный состав заполнителей. Соответственно, бетоносмесительные узлы заводов снабжены емкостями для хранения отдельных фракций песка и щебня, траками подачи, управляемой компьютером системой дозирования.

Причинами, по которым в России не используются фракционированные пески, являются, с одной стороны, неготовность потребителей принять, обработать и ввести в бетонную смесь несколько отдельных фракций песка, с другой – неготовность карьеров выпускать фракционированные пески из-за отсутствия спроса, а также оборудования для их классификации.

По существу, в настоящее время сложилась ситуация замкнутого круга, когда заводы для того, чтобы принять отдельные фракции заполнителя, нуждаются в реконструкции, а карьероуправления, ГОКи из-за отсутствия заказов не приобретают соответствующее оборудование для производства фракционированных песков. Сложность проблемы усугубляется тем, что использование указанного оборудования эффективно только при значительных объемах переработки заполнителя, а это означает необходимость поставки фракционированного песка, как минимум, на 3–4 крупных завода.

Если принять во внимание состояние промышленности нерудных материалов и при поставке фракционированного песка отказаться от принципа дифференциации гранулометрического состава для каждого вида бетона, а ограничиться некоторыми усредненными характеристиками песка, то для большинства бетонов, используемых в стройиндустрии, можно указать грансостав песка по расходам цемента близкий к оптимальному. Получение песков указанной гранулометрии может быть организовано на карьере таким образом, что песок с требуемым соотношением фракций выдается в качестве готового продукта, а “лишние” фракции песка в разделенном виде накапливаются на картах намыва, откуда поставляются потребителям для других видов бетонов и растворов (например, для кладочных растворов, отделочных материалов, пенобетонов).

Таким образом, реальным выходом из создавшегося положения является приготовление на карьере фракционированного песка, состоящего из смеси определенных фракций, и поставка уже готового песка потребителю.

Тогда потребитель работает в рамках существующего технологического процесса и не нуждается в установке дополнительного оборудования.

Разумеется, карьер, который должен установить оборудование по переработке песка (бункера, пульповоды, классификаторы, сгустители, обезвоживатели), должен компенсировать затраты увеличением стоимости песка ориентировочно на 28 руб/м³. Стоимость сэкономленного цемента для Московского региона 100–150 руб/м³. Кроме того, существенна возможность стабилизации технологического процесса производства бетона. Классификация песка может сопровождаться использованием обезвоживателей, позволяющих получать песок с фиксированной влажностью, не превышающей 3%. Использование песка с такой низкой влажностью исключает его смерзаемость и позволяет отказаться от ориентировочных методов оценки водосодержания бетонной смеси – установить весовую дозировку воды. Это, в свою очередь, приведет к дополнительной экономии цемента.

Институтом “ВНИИПИИстромсырье” разработана и в опытно-промышленном порядке опробована технологическая линия для разделения песка на две-три фракции [см. Карпеев В.А., Хрусталева М.И. Малоотходная технология производства обогащенных песков // МГТЦ научно-технической информации и пропаганды. Инф. листок № 85–60, 1985].

Порядок работы линии: исходная песчаная (песчано-гравийная) смесь экскаваторами из карьера грузится в автосамосвалы, которые доставляют и разгружают ее в приемный бункер.

Из бункера дозированная питателем порция песка поступает на ленточный конвейер, транспортирующий его в пульпообразователь, куда в заданном объеме насосом непрерывно подается вода. Мешалка внутри пульпообразователя разрыхляет и равномерно перемешивает песок с водой.

Одновременно от зерен песка практически полностью отделяются прилипшие к ним глинистые и илестые частицы. Полученная гидросмесь самотеком поступает на гидрогрохот, где отделяются включения гравия, комовой глины и др.

Из гидрогрохота песчаная пульпа поступает в гидроклассификатор, в котором песок разделяется на 3 фракции: крупная (целиком), средняя и мелкая (частично) в заданных соотношениях подаются в виброобезвоживатель и затем транспортируются на склад или в бункер-накопитель фракционированного песка.

Оставшиеся части средней и мелкой фракции из главного патрубка гидроклассификатора поступают самотеком в тонкослойный сгуститель, где из песка выделяются пылевидные и глинистые частицы.

Песчаный песок обезвоживается и транспортируется, например штабелеукладчиком, на склад или в бункер-накопитель.

Сливы из виброобезвоживателя, тонкослойного сгустителя и спирального классификатора поступают самотеком в пруд-отстойник.

Осветленная вода из пруда насосом подается в пульпообразователь и гидроклассификатор для создания в нем восходящего потока.

Технические характеристики линии

Производительность, м³/час:

по исходному песку — 80

по фракционированному песку — 50–60

по мелкому песку — 20–30

годовая, тыс. м³/год — 100–150

Расход воды, м³/час:

на классификацию — 80

общий — 580

Установленная мощность, кВт — 250

Количество обслуживающего персонала, чел. в смену — 2

Себестоимость м³ фракционирования, руб. — 28

В рамках программы подготовки заполнителей для бетона разработан расчетный аппарат, позволяющий оценить качество используемого песка по его гранулометрическому составу, форме зерен, количеству примесей и др. Очевидно, что критерием качества песка должна быть стоимость бетона на указанном песке, однако в качестве промежуточного достаточного критерия оптимизации был принят расход цемента в м³ бетонной смеси.

Поскольку, помимо указанных выше характеристик песка, расход цемента определяется классом бетона и удобоукладываемостью бетонной смеси, то зависимости, оценивающие качество песка, построены как функция гранулометрии песка для конкретной марки бетона и удобоукладываемости бетонной смеси, и тогда они могут быть представлены в форме квадратного многочлена. Зависимости в виде симплекс-диаграмм позволяют учесть весь комплекс факторов, влияющих на расход цемента.

При разработке расчетного аппарата существенно как снижение количества факторов, используемых для оценки качества песка, так и возможность надежного их определения. Например, включение в число факторов удельной поверхности песка существенно упростило бы расчетный аппарат. Однако отсутствие лабораторной базы для определения удельной поверхности песка и приблизительность этой оценки не позволяют включить в расчетный аппарат в качестве фактора этот показатель. Показано, что в качестве критерия оптимизации может быть принят рассев песка по стандартным ситам (операция, постоянно выполняемая на заводах сборного железобетона), а в качестве факторов – прочность бетона (марка, класс) и удобоукладываемость бетонной смеси (ОК, жесткость) – характеристики, которые могут быть надежно определены в лаборатории завода.

Ранжированием факторов, оценивающих качество песка, установлено, что количество цементного теста в бетоне слитной структуры (с заполнением межзернового пространства заполнителя с избытком) более чем на 90%

определяется гранулометрией песка. Влияние же других факторов гораздо менее значимо. Так, влияние коэффициента формы (Кф) песка, зависящего, в основном, от его генезиса, было проанализировано и оценивается по расходу цемента не более чем в 1% при Кф, изменяющемся от 1,0 до 1,5.

Расчетный аппарат, устанавливающий зависимость расхода цемента от класса бетона, удобоукладываемости бетонной смеси и гранулометрии песка, позволяет решить две основные задачи: оценить качество предполагаемого к использованию песка (чаще всего параллельно с решением транспортной задачи) и установить гранулометрию “оптимального песка” для конкретного производства. Наличие расчетного аппарата позволяет также решить ряд промежуточных задач, например, оптимизировать состав песка поставкой его с двух карьеров с последующим их перемешиванием в процессе приготовления бетонной смеси, оценить экономическую целесообразность получения фракционированного песка на конкретном карьере и др.

Выводы. Разработан расчетный аппарат, позволяющий оценить качество песков, используемых при производстве бетона, а также установить оптимальный гранулометрический состав песка.

1. Показано, что оптимальный грансостав зависит от марки бетона и удобоукладываемости бетонной смеси.

2. В связи с неготовностью заводов ЖБИ и ДСК к приемке и переработке песков, разделенных на фракции, предлагается организовать получение песка усредненного грансостава, близкого к оптимальному, непосредственно на карьере и использовать его при производстве бетонов основных строительных марок.

3. Разработаны технология и оборудование для получения песка, состоящего из смеси требуемого количества фракций.

4. Не вошедшие в объем указанного песка фракции предлагается разместить отдельно в бункерах, картах намыва для отправки производителям других видов бетонов и растворов.

5. В процесс классификации предлагается включить операцию обезвоживания, что позволит получить песок с фиксированной низкой влажностью и исключить его смерзаемость.

6. Использование фракционированного песка для большинства конструкций позволяет применить его в качестве единственного заполнителя в тяжелом бетоне.

7. Поставка фракционированного песка позволяет сократить расход цемента в тяжелом бетоне не менее чем на 50 кг/м^3 (для песчаных бетонов на $80\text{--}100 \text{ кг/м}^3$) при одновременном улучшении структурных характеристик материала.