

Оптимизация технологического регламента изготовления пенобетонов

Ружинский С.И.

Часть 1 – Уроки истории.

Со времен изобретения цемента, вот уже второй век, технология его изготовления существенно не изменилась. Исходное сырье – глина и известняк измельчаются, тщательно перемешиваются и обжигаются. Получается клинкер. С целью удешевления конечного продукта, либо для придания специальных свойств, к нему добавляют различные добавки, до 80 %, и полученную смесь размалывают в специальных шаровых мельницах. Продукт измельчения и есть портландцемент, или шлакопортландцемент, если в качестве добавки был применен доменный шлак.

Один из самых дорогостоящих процессов – это именно помол клинкера с добавками. Ведь измельчить их нужно очень тонко. Настолько тонко, чтобы удельная поверхность 1 грамма цемента составила не менее 2000 см² (этот показатель так и обозначают, - например - 2000 см²/г). Размеры зерен цемента при этом составляют от 10 до 100 микрон.

Выпускаемые отечественной промышленностью цементы общего назначения, т.н. “рядовые цементы” редко имеют удельную поверхность, превышающую 3000 см²/г. При этом в их составе преобладают зерна размером 40 – 80 микрон и выше. Самых активных частичек меньше 20 микрон в них очень мало.

Причин тому несколько, все они носят объективный характер, но самая главная – экономическая. Чем тоньше требуется смолоть цемент, - тем больше потребуются затратить энергии. Причем взаимосвязь увеличения тонины помола с энергозатратами выражается не линейно, а по зависимости близкой к геометрической. В итоге каждые последующие 20 - 30% прироста удельной поверхности цемента требуют удвоения энергозатрат!

Удельные энергозатраты, именно на помол, самые большие во всем тех. процессе производства цемента. Поэтому вполне понятно стремление цементных комбинатов, без лишней на то нужды, очень мелко цемент не молоть – незначительное увеличение отпускной цены тонкомолотых (высокомарочных) цементов никак не способно компенсировать возросших энергозатрат и, соответственно, себестоимости. Такая ситуация во всем мире. Правда у нас она усугубляется еще и особенностями славянского менталитета.

Как быть? Решение первое и самое простое – нужно своевременно изымать из мельницы самые тонкие частички, отвечающие необходимым параметрам и не тратить энергию на их уже ненужное переизмельчение. А крупные продолжать измельчать дальше. Такой способ называется помол с сепарацией, все современные заводы в мире работают именно так. Большинство отечественных, по крайней мере, хоть мечтают об этом. Его суть, на словах достаточно проста – через мельницу все время продувается воздух. Он захватывает самые мелкие частички и выносит их в, так называемый, классификатор. Там происходит дополнительное разделение – самые мелкие частички выпадают из потока и отправляются на склад готовой продукции. Более крупные - возвращаются назад в мельницу, и продолжают домалываться дальше.

Гладко было на бумаге.... Уже лет 50 большинство отечественных (читай СНГ-овских) заводов дальше разговоров на эту тему не идут – оно им нужно. Тем более что все это время, дефицит даже некачественного и низкомарочного цемента являлся непреложным атрибутом социалистического строительства.

Весьма показательна в этом плане ситуация в Украинской цементной промышленности. После десятилетней агонии, практически все цем. комбинаты были на корню скуплены иностранным капиталом – пришел хозяин. Новые хозяева первым делом, конечно, разогнали колхоз – “Ассоциацию производителей цемента Укрцемент”, а затем начали спешно модернизировать производство, где производственные мощности еще не были утрачены окончательно. И в первую очередь переводить помол на закрытый цикл с сепарацией.

Решение второе – от безнадёги. Именно так и вынуждены были поступать многие советские домостроительные комбинаты. Качественный бетон требовал не менее качественного цемента. А где его возьмешь, если в разных концах вагона, цемент по марочности мог различаться в 2 раза! Рекламации на цем. комбинат слать – себя не уважать. Нужно брать выше. В итоге повышению качества цемента посвящались целые пленумы, на съездах эту проблему не обходили вниманием – все без толку.

Так Партию достали, что та повелела решать проблему на местах.

Эпохальными и очень плодотворными на теоретический вклад в теорию бетона стали 50 – 70 годы. Именно на этот период приходится расцвет методов, способов и технологий как из дерьма сделать конфетку, то бишь хорошо строить из плохого цемента. Во всем мире до сих пор буквально зачитываются исследованиями наших бетоноведов той поры. И не зря. В это время, с перспективой на будущее, в СССР создается крупнейшая в мире промышленность сборного железобетона, намного превышающая экономические потребности страны. На каждые 50 тыс. населения, включая младенцев, приходилось по одному крупному заводу ЖБИ.

В это время были оптимизированы методы расчета и подбора составов бетонов и растворов. Массово освоено производство и применение различных модифицирующих добавок к бетонам. Создано высокоэффективное оборудование для строительной индустрии работающее и поныне. Отработаны теоретически и были запущены в производство новые виды цемента – быстротвердеющие (БТЦ), особобистротвердеющие (ОБТЦ), гидрофобные, гидрофобизированные, пластифицированные, напрягающие, глиноземистые, гипсоцементнопуццолановые и т.д. На вяжущих автоклавного твердения были доведены до массового применения силикатные бетоны и силикальциты.

Хронический дефицит цемента вынуждал искать им достойную замену на местах. Для гражданского строительства пылкий российский ум умудрялся использовать абсолютно все – от нефелиновых шламов до горелой шахтной породы. Родилась целая отрасль строительной индустрии, она так и называлась “Промышленность местных строительных материалов”.

В конце 50-х годов бурно и повсеместно стали внедряться технологии, использующие механохимические превращения в твердом теле – вибромельницы, струйные мельницы, дезинтеграторы, планетарно-центробежные мельницы и т.д. Не обошлось на этом пути и без просчетов, ошибок, заблуждений, перегибов и традиционного российского головотяпства. Передовые даже по нынешним временам технологии, насаждаемые директивным образом, встречали на местах дилетантскую и низко профессиональную реализацию. Каждый уважающий себя колхозный растворобетонный узел считал за необходимость иметь у себя вибропомольный участок для изготовления высокомарочных цемента. При этом мало кто задумывался об экономической и рациональной стороне подобных новаций. В этой связи вполне справедливо будет утверждение некоторых современных, как отечественных, так и зарубежных, ученых-бетоноведов, что советская строительная механохимия опередила время, и на тот момент в ней еще не было действительной потребности.

Читатели рассылки очень часто меня спрашивают – А где же сейчас все эти опередившее время технологии, почему о них ничего не слышно?

- Если Вы об этом не слышали, если этому не посвящены передовицы газет, почему Вы решили, что эти технологии в настоящий момент не применяются? Был, есть и продолжает весьма активно работать Институт химии твердого тела и механохимии Российской академии наук. В Москве весьма плодотворно трудится научно-производственная фирма “Центр механохимических технологий”. Разработанные ею некоторые строительные технологии, в частности производство специальных строительных красок, давно внедрены в серийное производство. А изготовление высококачественных сухих строительных смесей вообще практически невозможно без механохимических активаторов.

Однажды у меня зашел спор с одним из наших местных производителей сухих смесей. Он утверждал, что без всякой механохимии ему удастся изготавливать высококачественные сухие

смеси, ничем не уступающие западным аналогам. Главное, дескать, использовать хороший импортный смеситель, соблюдать технологический регламент и не жульничать с дорогими модификаторами. Я не стал долго спорить, а просто подвел его к смесителю, установленному в цехе. Смотри, говорю: - На привод собственно смесителя у тебя установлен двигатель в 5 квт. Но сбоку торчит еще 3!!! - каждый по 3.5 кВт. Они то зачем? - Ты думаешь, это деагломераторы как написано в инструкции, чтобы разбивать крупные комки? Черта с два – это простейшие дезинтеграторы, только изготовители смесителя, сочли, что тебе это знать вовсе не обязательно.

В то же время достоверно установлено, что бездумная активация цемента, когда сложные и многофакторные представления, описывающие теорию гидратации вяжущих подменяются простым дополнительным их измельчением с получением сиюминутной технологической выгоды оборачиваются серьезным снижением последующей долговечности строительных конструкций. Поэтому вполне понятна предубежденность большинства серьезных бетоноведов (ну прям, чуть ли не на генетическом уровне) к проблеме активации вяжущих и прочей механохимической экзотике. И если рассматривать проблему в плане её результативности для традиционных тяжелых бетонов да ещё через призму эффективности строительной индустрии в масштабах страны – они, безусловно, правы. Но в последнее время бурно развиваются новые строительные технологии и в частности пенобетонные, для которых академические критерии традиционного бетоноведения уже не всегда являются, справедливы, а то и ошибочны.

В связи со всем вышесказанным, приведу цитату из [4], тем более что автору и реализатору одного из методов активации цемента, как говорится, и карты в руки:

“.....Уроки истории не были бы достаточно полными без рассмотрения ошибок и просчетов в самой науке о бетоне, подготовке специалистов строителей и технологов. Конечно, поиск, к сожалению, всегда связан с заблуждениями и недоработками и быть “умным” на прошлых ошибках, а тем более чужих, легче, чем самому добывать новые знания. Но в данном случае речь идет об ошибках, просчетах и прожектах, которые можно было бы, безусловно, избежать.

Одна из наиболее серьезных проблем в бетоноведении – это проектирование составов бетона. Трудно найти специалистов, а порой даже и дилетантов, которые не касались бы этого вопроса. В чем конкретно суть вопроса? Заданы требования к бетонной смеси и бетону, оговорены свойства применяемых материалов, в частности цемента, воды, крупного и мелкого заполнителей, условия транспортирования, формования и твердения. Необходимо определить расход компонентов на 1 м³ бетона в уплотненном состоянии. Как и в любой науке, технология должна строиться на определенных закономерностях, но, увы, на практике все регулируется “на глазок”.

Ни одно направление в технологии бетонов не развивалось с такими большими и бесполезными затратами и ошибками, как разработка методов активации компонентов бетонной смеси. Сколько времени и средств было затрачено в 50 – 60-х годах на внедрение в практику строительства вибродомола цемента? Сколько научных статей и диссертаций было написано в 60 – 70-х годах по магнитной обработке воды для затворения бетонной смеси, сколько промышленных установок для омагничивания воды было установлено на заводах? Сколько научной энергии было затрачено в эти же годы на ультразвуковую обработку цементно-водных суспензий? Прибавим к этому еще талую и ионизированную воду, сочетание ультразвуковой и магнитной обработки воды и т.п. А кто объективно соизмерил эффект и затраты, связанные с освоением в 80-х годах так называемой раздельной технологии приготовления бетонной смеси, в общем-то давно известной под другим названием, но испорченной плохим исполнением?

А сколько средств истрачено на так называемую “беспроборочную” технологию, на использование “чудо-добавок” с надуманными эффектами. И еще довольно неприятный вопрос: если отбросить фантазии, то насколько связаны сегодня научные исследования с технологией бетона и какая реальная отдача от этих работ? Приведенный обзор был бы неполным, уроки плохими, а позиция автора осталась бы беспринципной без конкретного анализа продуктов “мусорной” свалки науки о бетоне.

Сегодня, возможно, как никогда, информационное пространство науки захламлено сорняками, наукообразным фальсификатом и бутафорией. Если верить публикациям в научных журналах и

рекламным проспектам, то бетон можно было бы давно изготавливать без цемента, а себестоимость его снизилась бы, по самым скромным данным, в 2 – 3 раза. К большому сожалению, это далеко не так. Наука о бетоне чаще всего сводится к диссертациям, отдельным фрагментам и недобросовестной рекламе. За именами в науке о бетоне, порой и известными, довольно часто стоит не конкретный вклад в бетоноведение, а привлекательные картинки из статей, должности и звания. Чаще всего для видимости научности заимствуют без глубокого анализа и привязки к теории и практике бетона известные положения из различных областей фундаментальных наук. Нередко за новые знания о бетоне выдаются процессы, связанные с отдельными, не имеющими принципиального значения в бетоноведении, вопросами. Безусловно, для бетоноведения интересны вопросы квантовой теории, реологии, гидратации вяжущих, математического моделирования, но вся проблема в том, как они вписываются в саму науку о бетоне и что нового в неё вносят. Критерий оценки здесь прост: эксперимент и практика. Численное решение абсолютного большинства приведенных в таких работах примеров показывает их банальность, а порой и абсурдность.

Еще один способ, позволяющий отделить рекламную шумиху и наукообразие от истины, - это ясность, прозрачность и воспроизводимость.....”

С этих позиций и продолжу дальнейшее изложение. Но хочу предостеречь читателей – не существует некой универсальной технологии, способа или “Ноу-хау”, познав секрет которых удастся изготавливать высококачественную продукцию. Но есть отработанный десятилетиями подход, в обобщенном виде называемый “Соблюдение культуры производства”. Он зиждется на понимании и строгом исполнении комплекса неких основополагающих факторов, что и обеспечивает надлежащее качество продукции. И именно с таких позиций и будет, строится дальнейшее повествование по данной теме.

Глупо и безрассудно надеяться, что применение какой либо сказочной технологии (той же механохимии, например), супер-бупер-крутой добавки или “навороченного” пенообразователя освобождает от точного, пунктуального и обязательного соблюдения основных постулатов бетоноведения. Это только в рекламных буклетах можно поймать удачу за хвост ничего не делая. Но даже в сказке, прежде чем осуществилось волшебство, старик и втык от бабки получал (она ему дала техзадание и сформулировала Технические Условия его реализации), и призадумался и опечалился дед (поиск путей натурной реализации ТУ), и к морю пошел, и сеть три раза бросал (реализация комплекса мероприятий по осуществлению задуманного), и назад к бабе воротился (проверка ОТК), и откорректировал техпроцесс в соответствии с требованиями заказчика (“... и осерчала старуха пуще прежнего, повелела ...) и т.д.

Использованная литература.

1. Телешов А.В., Сапожников В.А., Производство сухих строительных смесей. Критерии выбора смесителя.// Строительные материалы, №1-3, 2000 г.
2. Баженов Ю.М. Высококачественный тонкозернистый бетон.//Строительные материалы, №2, 2000 г.
3. Дугуев С.В., Иванова В.Б. Механохимическая активация в производстве сухих строительных смесей.//Строительные материалы, №5, 2000 г.)
4. Файнер М.Ш. Новые закономерности в бетоноведении и их практическое приложение. Киев, Наукова думка, 2001 г.
5. Миронов С.А. Этапы развития отечественной науки о бетоне.//Бетон и железобетон, №9, 1990 г.
6. Меркин А.П., Цыремпилов А.Д., Чимитов А.Ж. Гидромеханическая активация процесса твердения вяжущих.//Бетон и железобетон, №6, 1992 г.
7. Шейкин А.Е. Структура, прочность и трещиностойкость цементного камня. Москва, Стройиздат, 1974
8. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества. Москва, Стройиздат, 1986 г.
9. Баженов Ю.М. Технология бетона. Москва, Высшая школа, 1987 г.

Часть 2 – Омагничивание водно-дисперсных систем применительно к прикладному бетонуведению.

Задаваясь проблемой повышения прочности строительных изделий на основе цементов, нужно знать до каких прочностных показателей можно дойти хотя бы теоретически. Иными словами – какова максимально достижимая прочность для тяжелых цементных бетонов – самых прочных из всех бетонов, применяемых в строительстве?

В лабораторных условиях, методом горячего прессования при температуре 250 °С и давлении 3500 кг/см² удалось достичь следующих показателей прочности на сжатие: через 1 сутки $R_{сж}=4120$ кг/см², а через 90 суток – $R_{сж}=6550$ кг/см². Это более чем в 10 раз превышает самую высокую достижимую прочность бетона получаемую в обычных условиях.

Что послужило залогом столь высоких прочностных показателей? – В первую очередь, конечно, оптимальность подбора компонентов экспериментальной бетонной смеси. И, что немаловажно, очень малое водоцементное соотношение - менее 0.1 (в жизни редко удается опуститься ниже $V/C=0.35$). Кроме того, комплекс мероприятий – низкое V/C , направленная гидратация новообразований под воздействием высоких температур и давлений обеспечили и очень низкую пористость такого бетона, - на уровне всего 2 – 3%. А ведь именно внутренняя пористость в основном и формирует прочностные характеристики бетона – чем она меньше, тем прочность выше.

Если учесть, что пористость большинства серийно выпускаемых ячеистых бетонов составляет примерно 70% , что соответствует плотности в районе 800 кг/см³ – можно предположить, что и теоретически максимально достижимая для них прочность должна находиться, где-то в районе 150 – 180 кг/см². Сказочные числа. Жизнь корректирует их в меньшую сторону многократно.

Чтобы не путаться в дальнейшем, давайте строго определимся – в ячеистых бетонах существует пористость двух уровней. Макропоры, сформированные пеной и(или) выделяющимися газами формируют ячеистую структуру бетона. Оптимальность их геометрических размеров и распределения в массиве бетона очень сильно отражается на его, как теплофизических, так и прочностных характеристиках (эту тему мы рассмотрели ранее).

Но существуют еще и поры микроуровня – в дальнейшем я их так и буду называть, которые имеют размерность, выражаемую в микронах. Это чрезвычайно мелкая, различимая только под очень мощным микроскопом, микропористость цементного камня. Она формируется на стадии гидратации цемента, в результате его химических реакций с водой и самым непосредственным образом отражается не только на прочностных характеристиках пенобетона, но и на эксплуатационных – водопроницаемости, водопоглощении, морозостойкости, трещиностойкости и т.д.

И если пористость на макро- уровне регулируется мерами технологического характера, в обобщенном виде – соотношением пены (или выделившегося газа) с цементным клеем, то на микро- пористость можно воздействовать исключительно на уровне химических реакций протекающих при затворении цемента водой. Поэтому, рассматривая проблему в этом ключе, пытаясь понять пути направленной модификации этих химических реакций и явлений, им сопутствующих, решение следует искать в плоскости оптимизации именно химических реакций, и по методологии, принятой в современной химической науке.

Интерпретируя общую химическую технологию применительно к нашим нуждам – химической реакции взаимодействия между веществами, формирующими пенобетон и водой следует, для начала, определиться – а что ж у нас, в конце концов, вступает во взаимодействие? И хотя этот перечень будет не исчерпывающе полным (особенно с позиций академического бетонуведения – да простят меня коллеги), в первом приближении я предлагаю, остановиться на следующих веществах вступающих в реакцию: вода, вяжущее, заполнитель, наполнитель и некое вещество “X” привнесенное в систему пенно- или газообразователем. Условия протекания реакции, обусловленные внешним влиянием среды, также существенны. Но самыми главными следует все же признать – температуру, влажность и наружное давление. Причем эти параметры важны как сами по себе, так и скорость их изменчивости (градиент) во времени.

Модификация как веществ, вступающих в химическую реакцию, так и условий протекания этой реакции, в той или иной мере, несомненно, отражаются на конечной прочности. Но подобная модификация не всегда оправдана экономически. Чтобы отобрать наиболее действенные, но дешёвые приемы нужно, для начала, рассмотреть их все в отдельности. А затем попробовать скомпоновать их в оптимальный тех. процесс.

С этого и начнем.

2.1. Модификация воды

Без воды невозможно начало химической реакции, превращающей разрозненные компоненты бетонной смеси в единый монолит. Её роль в этом процессе сложно переоценить. Поэтому вполне объяснимо стремление модифицировать многие химические процессы, происходящие в присутствии воды, в том числе и образование цементного камня, именно по пути изменения некоторых её свойств.

В “обозримом” бетоноведении роль модифицированной воды – одна из самых скандальных и мало изученных тем. При всем притом, что с периодичностью примерно в 10 лет, ученые-бетонеры всего мира вновь и вновь возвращаются к этой теме, факторы, влияющие на изменение характеристик бетонов, обусловленные применением модифицированной воды остаются еще во многом не ясными. Все это обусловило разделение ученых-бетонеров на два противоборствующих лагеря. Одни, с пеной у рта, утверждают, что шаманить над водой – чистой воды шарлатанство, недостойное серьезных исследователей. Другие, столь же ожесточенно, доказывают обратное. Истина, как всегда, где-то посредине.

Ожесточеннейшие дискуссии в научных кругах по этому вопросу обусловлены, в первую очередь, низкой воспроизводимостью экспериментов. И действительно, порой даже один и тот же исследователь, в абсолютно идентичных условиях, не может воспроизвести свой предыдущий эксперимент, принесший сенсационные результаты, граничащие с Нобелевским лауреатством.

Ситуацию усугубляет и тот факт, что любой бетоноведческий эксперимент, в глазах современного физика-экспериментатора или химика-экспериментатора – просто надругательство над здравым смыслом. В науке давно существуют тонкие и точные механизмы, приборы и приемы, обеспечивающие качественную и количественную оценку как результатов любого эксперимента, так условий его проведения. Причем современная наука легко оперирует с размерностями, выражаемыми с приставками пико-, нано-, микро-. Бетонвед-экспериментатор, с его мегапаскалями, килограммами и сантиметрами, в этой ситуации, похож на слона в посудной лавке – вломился с грязными ногами, все передал, уселся посредине на обломках и, грызя глиняный кувшин, пытается разгадать рецептуру китайского фарфора.

Изменение многих свойств гомогенных водных систем под воздействием внешнего магнитного поля настолько незначительны, что их не только оценка, но и простая фиксация, требует особо точной аппаратуры и полной стабилизации условий проведения экспериментов. Во многих случаях состояние современной экспериментальной базы не позволяет столь строго абсолютизировать методику проведения таких экспериментов. Наличие в воде примесей, даже в молекулярной и ионной форме, а также растворенных газов может существенно отразиться на результатах воспроизводимости эксперимента.

Водные системы очень чувствительны к внешнему случайному электромагнитному воздействию. Это очень сильно осложняет технику лабораторных экспериментов. Она в этом случае должна быть не только точной, но и весьма специфичной. Достоверно установлено, что даже включение лампочки в 100 Вт на расстоянии 10 м от сосуда с водой изменяют некоторые её свойства.

Характеристики магнитного поля по его средней напряженности, общепринятой в современной науке, совершенно недостаточны для случая магнитной обработки воды. А более детальная характеристика магнитного поля и его вариаций, в процессе проведения экспериментов, как правило, не оцениваются, что делает несопоставимыми условия и результаты опытов разных исследователей.

Говоря о роли внешних факторов внешних наводок при омагничивании водных систем, нельзя обойти молчанием и так называемую сезонную зависимость результатов (хотя этот вопрос рассматривается учеными – геоцентристами неизменно скептически). Так, например, неоднократно подтверждался тот факт, что омагничивание воды, применяемой для затворения цементных растворов, наименее эффективно в мае-июле. Многократно проводившиеся эксперименты убедительно и однозначно свидетельствуют, что в абсолютно идентичных условиях прирост прочности образцов затворенных омагниченной водой составил в январе 50 – 60%, мае 2 – 5%, сентябре 20 – 25%, октябре – 40%. Причины таких проявлений сезонности, точно не установлены. Можно только предполагать, что в эксперимент “вмешивалось” геомагнитное воздействие солнца. Во всяком случае, их нельзя связать с поступлением талых вод, поскольку опыты проводились с использованием бидистиллятов.

В любом случае даже не зная как “ЭТО” работает, человечество давно и очень эффективно научилось использовать магнитное воздействие на вещества, в том числе и воду, в своих целях.

Омагничиваемая вода растворяет накипь в котлах. Причем она это делает настолько эффективно, что становится возможным использовать даже океанскую высокоминерализованную воду. Она способна минимизировать инкрустации в аппаратах нефтяной промышленности. Простейшие магнитики установленные в 120 скважинах объединения “Азнефть”, приносят 75 тыс. руб. дохода в год и позволяют экономить до 50 км. труб (здесь и далее цены 80-х годов).

Омагниченная вода улучшает сгущение и фильтрацию суспензий. И вот на комбинате “Апатит” устанавливается 50 простейших аппаратов, приносящих до 170 тыс. руб. в год.

Применение омагниченной воды только на одном золотодобывающем руднике экономит 100 тыс. руб.

В керамической промышленности, применение омагниченной воды приносит ежегодно до 500 тыс. руб. экономии, а сантехизделия и кирпич повышают прочность на 25 – 40%.

Использование омагниченной воды при производстве бумаги повышает производительность бумагоделательных машин на 30%.

Использование простейших омагничивающих воду устройств позволяет существенно повысить урожайность сельскохозяйственных культур.

Давно и успешно применяется омагниченная вода в строительной промышленности. Вот отдельные данные об экономической эффективности этого метода, взятые только из официальных актов предприятий в 80-х годах:

- завод железобетонных изделий треста “Черноморстрой” экономит 1900 т. цемента в год или около 40 тыс. руб. в год;

- минимальная годовая экономия на Волгоградском заводе напорных труб составляет 100 тыс. руб. в год;

- годовая экономия от внедрения на Шапсугском заводе этого метода составила 10 тыс. руб. в год;

- экономический эффект на небольшом заводе “Кислотоупор” составил 30 тыс. руб. в год;

- Минский ДСК-1, при производстве тяжелого бетона, на каждые 50 тыс. м³ экономит по 15 тыс. руб;

- небольшой бетонный завод треста “Азморнефтестрой”, производящий ежегодно 23 тыс. м³ бетона, экономит по 20 тыс. руб. в год;

и т.д. и т.д. и т.п. и т.п.

Следует отметить, что затраты на внедрение установок, как правило, окупаются через несколько месяцев или даже недель. В ряде случаев каждый затраченный рубль на установку оборудования омагничивания воды, приносит прибыль, исчисляемую сотнями и тысячами рублей.

2.1.1 Твердение цементного камня затворенного омагниченной водой.

В СССР начало применения омагниченной воды при затворении бетонов относится к 1962 г. (Нейман Б.А. свид. СССР № 237664, от 1962 г.). С тех пор велись и по сей день ведутся значительные исследования в этом направлении.

Известно, что в процессе твердения цементного камня одновременно протекает ряд сложных процессов: растворение и гидратация цементных минералов с образованием пересыщенных растворов, самопроизвольное диспергирование этих минералов до частиц коллоидных размеров, образование тиксотропных коагуляционных структур и, наконец, возникновение, рост и упрочнение кристаллизационных структур. И омагничивание воды влияет на все эти процессы. Следовательно, влияние магнитной обработки воды, используемой для растворения, на твердение и свойства цементного камня является вполне закономерным.

Опытами установлено, что затворение цемента омагниченной водой приводит к значительному повышению прочности камня. Причем зависимость прочности от напряженности поля имеет экстремальный характер. Увеличение прочности зависит также от скорости потока воды (см. Рис. 1)

Повышение прочности цементного камня в зависимости от напряженности магнитного поля и скорости потока воды

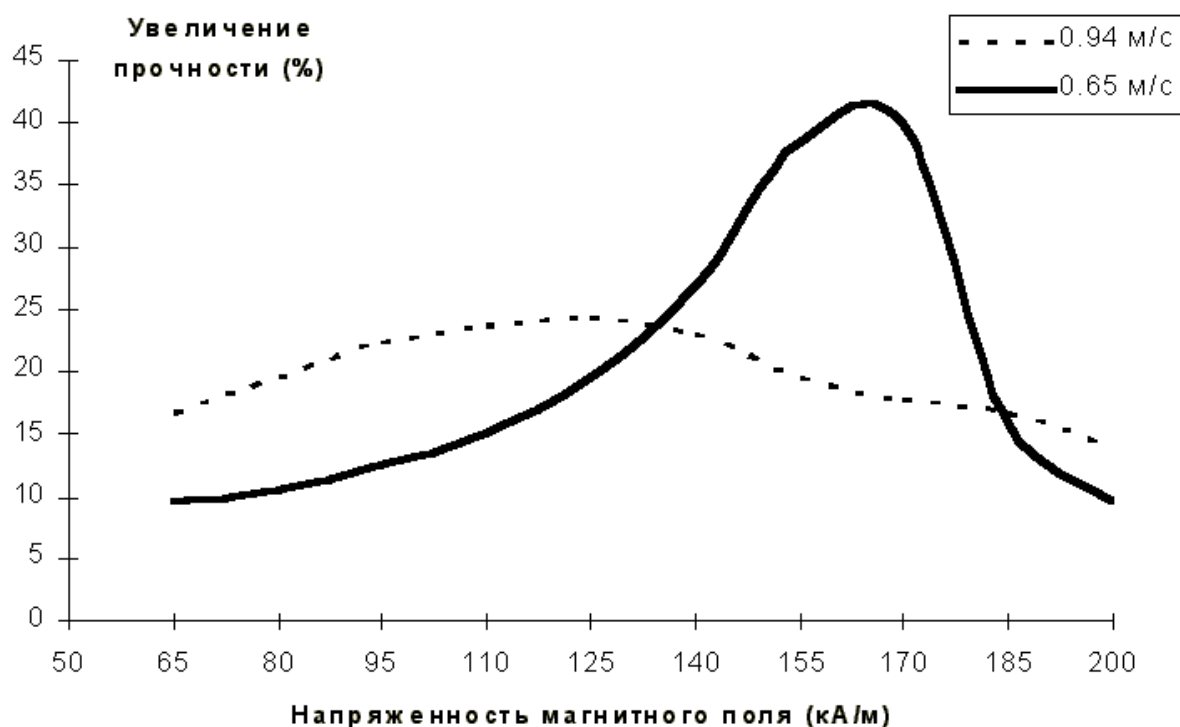


Рис. 1 Повышение прочности цементного камня в зависимости от напряженности магнитного поля и скорости потока воды.

Все улучшения прочностных характеристик бетона обусловлены несколькими факторами, на которые влияет омагничивание воды. Главные из них, это ускоренное нарастание пластической прочности

цементного камня, измеряемой по предельному напряжению сдвига. При затворении обычной водой имеется значительный индукционный период выкристаллизовывания цемента. В случае же затворения омагниченной водой пластическая прочность начинает активно расти почти сразу же после затворения (см. Рис. 2). При этом отмечается более быстрое диспергирование частиц до микронных размеров.

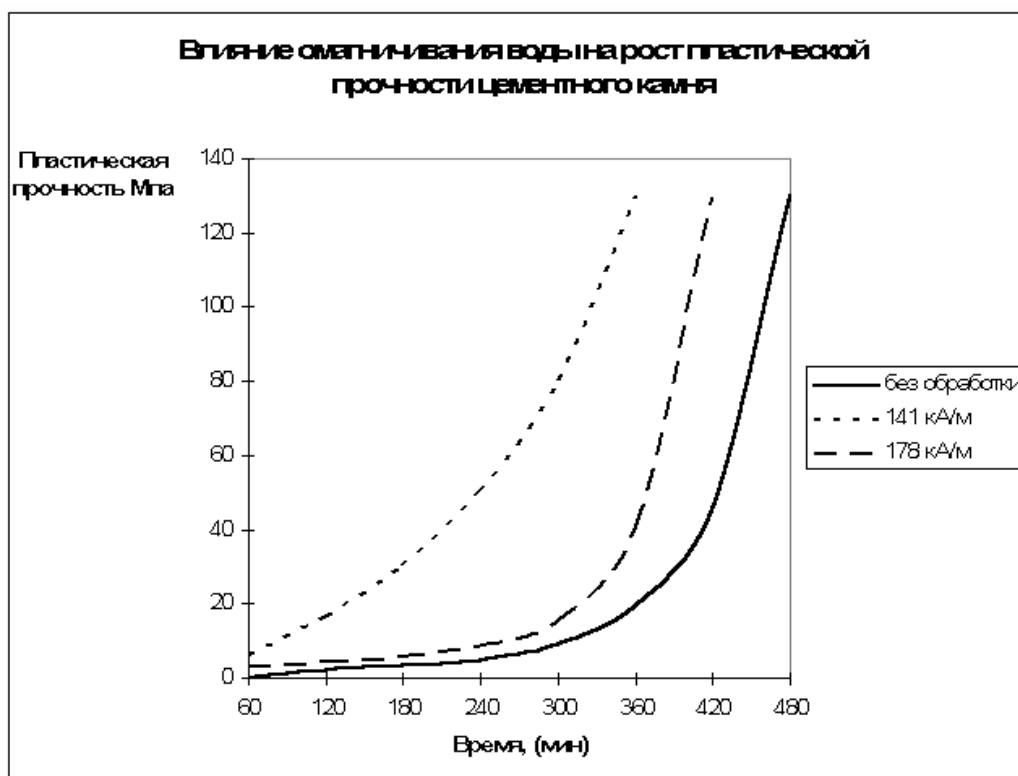


Рис. 2 Влияние омагничивания воды на рост пластической прочности цементного камня.

Микроскопические исследования также показали увеличение скорости гидратации цемента в омагниченной воде. Причем значительно возрастает количество кристаллов сульфатоалюмината кальция и гидроокиси кальция, а размеры их уменьшаются. Кристаллы находятся не только на поверхности зерен гидратирующегося цемента, как обычно, но и в объеме всей массы. Исследование цементного камня трехдневного возраста под электронным микроскопом показало, что в омагниченной воде структура камня гораздо более мелкозернистая (рис. 3).



Рис. 3 Структура цементного камня трехдневного возраста под электронным микроскопом (X 10000):

а) - затворенного обычной водой; б) – затворенного омагниченной водой

Кроме того многочисленные эксперименты показали, что эффект магнитной обработки воды, во многом зависит, также и от её химического состава. Примеси ионов железа и хлоридов чаще всего оказывают положительное влияние. Некоторые газы – остаточный хлор, аммиак – отрицательное. Очень большую роль играют соли жесткости как сами по себе, так и их взаимное соотношение. Достоверно установлено, что наилучшие результаты достигаются при следующих концентрациях солей: сульфата магния – 1.2 г/л, сульфата кальция – 1.2 г/л, хлорида магния – 2.8 г/л

2.1.2 Аппараты для омагничивания воды

2.1.2.1 Аппараты с постоянными магнитами

Аппараты, сконструированные во Всесоюзном теплотехническом институте, оснащены постоянными кольцевыми магнитами, изготовленными из сплава “магнито” (ВТИ-1) или из сплава “АЛИИ” (ВТИ-2). Внутри кольцевых магнитов помещены сердечники из железа “армко”, их диаметр определяет величину зазора и, следовательно, напряженность поля (примерно 79,6 кА/м или 1000 Э). В этом аппарате поток жидкости пересекает два поля (рис. 1).

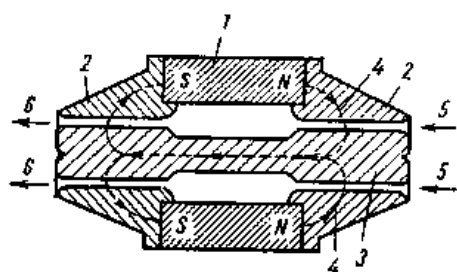


Рис. 4 Схема аппарата ВТИ-2:

- 1 — постоянный магнит;
- 2 — полюсные наконечники;
- 3 — сердечник;
- 4 — силовые линии;
- 5, 6 — вход и выход воды

Аппараты ПМУ-1, серийно выпускаемые только заводом им. Войкова, состоят из трех - пяти однотипных, последовательно соединенных чугунных секций (рис. 2). Кольцевой зазор между постоянными магнитами и корпусом составляет 2,5 мм. Напряженность магнитного поля (максимальная) в первой секции 87,6 кА/м (1100 Э), в остальных четырех по 143 кА/м (1800 Э). Скорость воды 1—2 м/с, производительность 2 - 7 м³/ч. В 1963 г. этот завод выпустил 30 аппаратов, в 1977 г. выпуск этих аппаратов достиг 65 тыс. штук. Стоимость одного аппарата 26 руб.

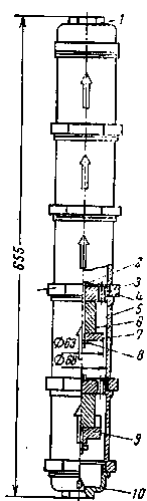


Рис. 5 Аппарат ПМУ-1 завода им. Войкова:

- 1 - верхняя крышки;
- 2, 8 – стяжные болт с гайкой;
- 3 - отверстие в дне стакана;
- 4 - прокладка;
- 5 - чугунный стакан (магнитопровод);
- 6 - постоянный магнит;
- 7, 9 - полюсные наконечники;
- 10 -нижняя крышка.

На рис. 3 показан аппарат Новочеркасского завода постоянных магнитов производительностью 100 м³/ч. Напряженность магнитного поля в зазоре составляет примерно 119 кА/м (1500 Э); скорость потока воды 2 м/с.

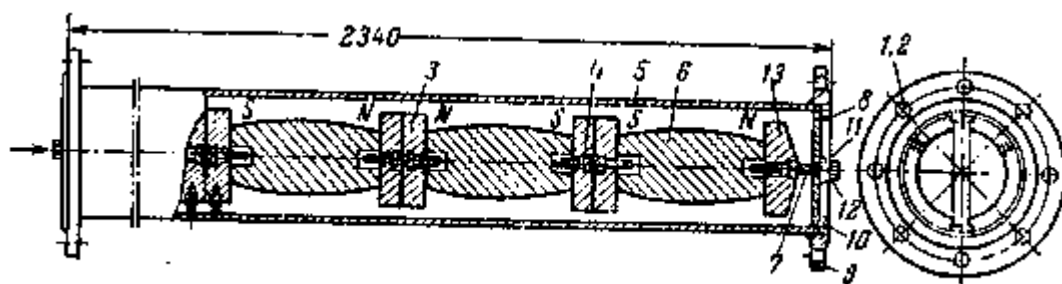


Рис. 6 Аппарат для магнитной обработки воды Новочеркасского завода постоянных магнитов:

- 1,2 - установочный винт с гайкой;
- 3, 13 - полюсные наконечники;
- 4 - винт;
- 5 - труба;
- 6 - магнит;
- 7 - болт;
- 8 - траверса;
- 9 - фланец;
- 10 - сухарь;
- 11 - бобышка;
- 12 - шайба пружинная.

Бельгийская фирма “Эпюро” в течение нескольких десятилетий выпускает аппараты “Сері” (по патенту Т. Вермайрена), оснащенные постоянными магнитами, производительностью от 0,03 до 36000 м³/ч. В США аналогичные аппараты выпускает фирма “Паккард”, в Великобритании - фирма “Поляр”. В литературе обычно приводится лишь внешний вид этих аппаратов и не дается описания их конструкции. Лишь в последние годы появились фотографии вскрытых крупных аппаратов “Сері”, из которых видно, что обрабатываемая вода протекает через узкие зазоры между цилиндрическими и кольцевыми постоянными магнитами (из-за плохого качества отсканированной фотографии, в данном обзоре она заменена на схему см. рис. 7).

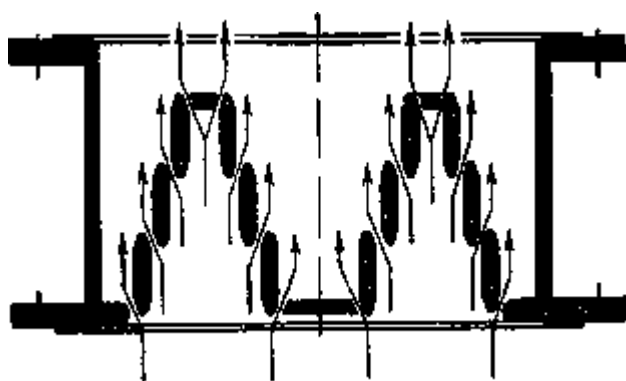


Рис. 7 Схема движения воды в высокопроизводительном аппарате “Сері” типа Т-56

Корпуса аппаратов изготавливают из металла, а также из синтетических материалов. Конструкцию аппаратов “Сері” следует рассмотреть подробнее, поскольку принцип их работы может стать основой для суждения о механизме магнитной обработки и способах оптимизации процесса.

Единственным устройством, запатентованным 12.10.66 Т. Вермайреном в Советском Союзе (патент № 288683), является “...устройство для обработка жидкости с помощью магнитного поля,

представляющее собой канал, стенки которого образованы магнитами, создающими поперечное магнитное поле, отличающееся тем, что с целью повышения эффективности, обработки жидкости рабочий участок канала выполнен из продольных постоянных магнитов, каждый из которых имеет в центре выступ, представляющий собой полюс противоположного знака полюсу концов, а полюса расположенных один против другого выступов имеют различные знаки”.

На рис. 8 приведен разрез аппарата “Сері” невысокой производительности, реализующий указанный патент. Результаты измерения напряженности поля по длине этого аппарата, (очень детальное и скрупулезное обследование аппаратов Вермайрена было осуществлено в СССР в начале 70-х), показали, что она изменяется: примерно на одной трети расстояния от концов аппарата знак полюсов меняется; в области сужения, образуемого кобальт-самариевыми магнитами, напряженность поля резко возрастает до 320 кА/м (4000 Э). Следовательно, в этом аппарате поток воды проходит поля переменной полярности, а также область с очень высоким градиентом напряженности. Кроме того, в этом узком канале в соответствии с законами гидродинамики возникает резкий перепад давления.

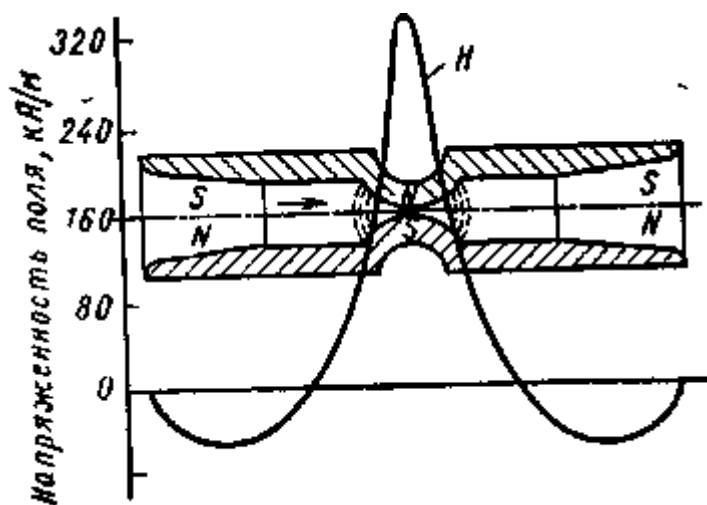


Рис. 8 Разрез небольшого аппарата “Сері” типа АД 1/2

(минимальный расход – 0.12 м³/ч, максимальный – 0.48 м³/ч, масса – 0.25 кг, геометрические размеры: длина – 100 мм, диаметр – 22 мм)

В настоящий момент выпускается около 100 различных модификаций аппаратов сходной конструкции. Их применяют как для омагничивания воды, так и для обработки более агрессивных и концентрированных растворов – аммиачных растворов, щелочей, кислотных и бисульфитных щелоков, растворов сахара, вин, коньяка и др.

2.1.2.2 Аппараты с электромагнитами

В аппаратах этого типа электромагниты могут быть расположены как внутри корпуса, так и вне его. Последний вариант предпочтительней, так как упрощает изделие конструктивно и облегчает его обслуживание. Примером аппаратов с внутренним расположением электромагнитов является конструкция, серийно выпускаемая Алма-атинским заводом тяжелого машиностроения. Электромагниты этих аппаратов состоят из стального стержня с шестью кольцевыми пазами, в которых размещена обмотка из провода ПЭЛ-1 диаметром 0,37 мм. Ток - постоянный; после выпрямителя напряжение составляет 100 В, сила тока 0,5 А. Напряженность магнитного поля достигает 200 кА/м (2500 Э). Кожух с электромагнитом заполнен трансформаторным маслом. Вода проходит семь магнитных полей со скоростью 2 м/с. Производительность аппарата 25 м³/ч; стоимость около 300 руб.

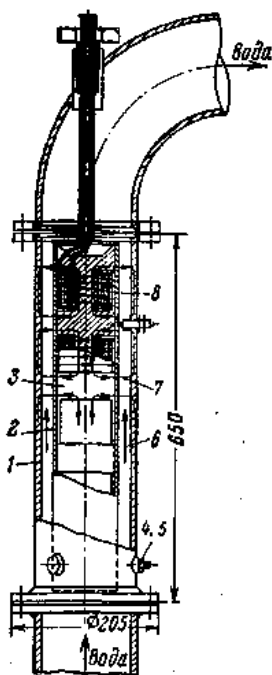


Рис. 9 Аппарат типа АЗТМ

- 1 – корпус из диамагнитного материала;
- 2 – защитный кожух;
- 3 – электромагнит;
- 4, 5 – стопорный винт с гайкой;
- 6 – направление движения воды;
- 7 – направление магнитных силовых линий;
- 8 – направление тока в катушке.

Аналогичные аппараты эпизодически выпускает Копейский рудоремонтный завод и некоторые другие предприятия. Сходную конструкцию имеют аппараты Харьковского инженерно-экономического института (рис. 10).

На (рис. 11) показан аппарат конструкции также Харьковского инженерно-экономического института, но с наружным расположением катушек электромагнитов. А на (рис. 12) конструкции «Башэнегонефть».

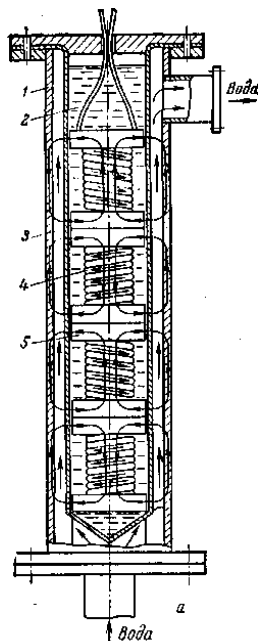


Рис. 10 Аппарат Харьковского инженерно-экономического института с внутренним расположением электромагнитов.

- 1 – корпус аппарата;
- 2 – трансформаторное масло;
- 3 – кожух из диамагнитного материала;
- 4 – катушки;
- 5 – полюса электромагнитов.

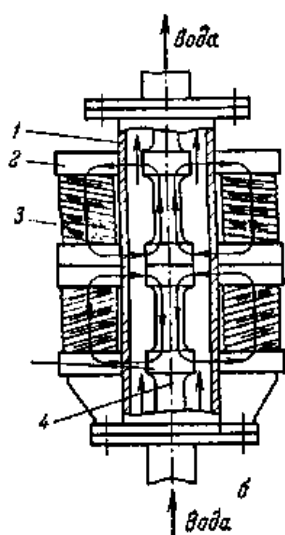


Рис. 11 Аппарат Харьковского инженерно-экономического института с наружным расположением электромагнитов.

- 1 – стальная труба;
- 2 – полюса электромагнитов;
- 3 – катушки;
- 4 – магнитный сердечник

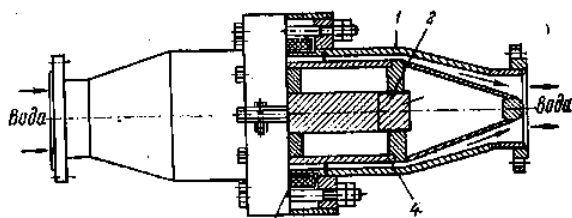


Рис. 12 Аппарат с наружным расположением электромагнитов конструкции “Башэnergонепть”:

- 1 – корпус;
- 2 – сердечник;
- 3 - намагничивающая катушка;
- 4 – диамагнитный цилиндр.

На рис. 13 приведен пример аппарата с послойной магнитной обработкой воды. В аппарате этого типа вода проходит через кольцевые щели, где и происходит её послойное омагничивание. Конструктивно аппарат состоит из двух внешних отрезков трубы, между которыми концентрически расположены кольца из магнитомягкого железа, составляющие левую и правую кольцевые системы, смещенные друг относительно друга. Эти кольца намагничиваются внешней катушкой. Магнитный поток по левой и правой системам распределяется при помощи основных магнитопроводов и коротких вставок между кольцами. Зазоры между кольцами левой и правой магнитных систем уменьшаются от периферии к центру. Этим достигается равенство средних напряженностей магнитного поля во всех зазорах, хотя локальная напряженность изменяется по очень сложному закону. Применение подобных омагничивающих устройств – суть “ноу-хау” некоторых пивоваренных компаний России и Украины, позволившего им достичь непревзойденного качества продукции. Установка подобных изделий на

танковых дизелях, позволяет избежать образования накипи в системах охлаждения, даже при использовании высокоминерализованных вод некоторых пустынных районов нашей планеты.

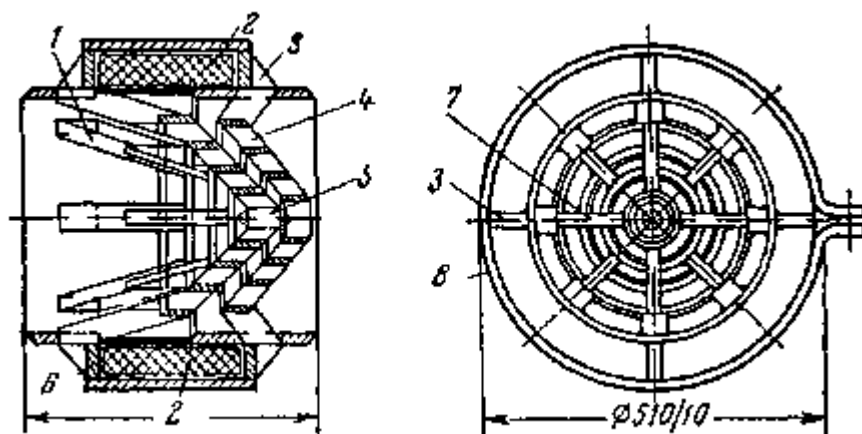


Рис 13 Аппарат для “послойной” магнитной обработки воды.

- 1 - левая полярная система;
- 2 - намагничивающая катушка;
- 3 - косынка;
- 4 - правая полярная система;
- 5 - центральный конус;
- 6 -диамагнитная обечайка;
- 7 – магнитопроводы-вставки;
- 8 - хомут магнитопровод.

Кроме того, в промышленности применяются омагничивающие аппараты трансформаторного типа (см. рис. 14). Простота, изготовления, обслуживания и эксплуатации этих приборов, конструктивно очень похожих на обычные трансформаторы, возможность их установки и снятия без разгерметизации трубопроводов обусловило их широкое распространение в промышленности.

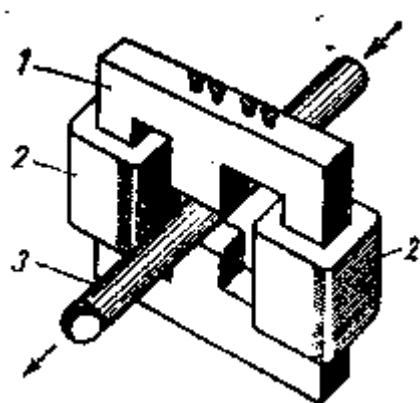


Рис. 14 Схема аппарата трансформаторного типа.

- 1 - ярмо;
- 2 - катушки;
- 3 - диамагнитная труба.

2.1.3 Некоторые соображения по поводу применимости омагниченной воды в прикладном бетоноведении.

Почему же при столь весомом и достоверно подтвержденном экономическом эффекте, омагниченная вода, как способ модификации бетонов, в настоящее время практически не применяется строительной индустрией на постсоветском пространстве?

Этот вопрос и мне долго не давал покоя. Перерыл гору литературы, неоднократно беседовал со специалистами, в том числе и непосредственно принимавшими участие в исследовании этого феномена. Не берусь утверждать, что мои выводы абсолютны и безупречны. Но рациональное зерно в них есть. Итак:

Анализ строительной периодики однозначно показал – любая публикация по этой теме неизменно вызывает бурный интерес в обществе. Как со стороны строителей практиков, так и со стороны бетоноведов-теоретиков. А последних, так в особенности – уж очень благодатная тема. Любой серьезный исследователь, десятилетиями тяжким трудом завоёвывавший свой научный авторитет, как только затрагивает тему омагничивания воды, сразу добровольно “подставляется” под огонь критиков. - Достаточно провести экспериментальную проверку исследований в другое время года – и вот прекрасный материал как “насолить” давнему оппоненту, публично и аргументировано усомниться в его научной состоятельности. Как и в любой иной отрасли знания, в теоретическом бетоноведении круг ученых-исследователей достаточно узок и корпоративен. Все друг о друге все знают - читали, оппонировали, рецензировали, критиковали, вместе учились, совместно работали, на конференции “заслушали”, водку пьянствовали и т.д. Как и в любом устоявшемся “междусобойчике” подобное тесное общение неизменно сопровождается склоками, интригами и постоянной научной грызней. Публично выпороть давнего научного оппонента на научной конференции или в специализированной прессе считается, чуть ли не правилом хорошего тона. И, слава Богу – подобная соревновательность научных идей и школ только на пользу обществу.

И вот приходит молодой талантливый аспирант к своему научному руководителю, падает ниц – благословите, Отче на дела великие и свершения во славу отечества, - желаю защищаться на омагничивании.

Почесал Дед репу и молвил: - Окстись отрок. Ты малый не дурак, и наверняка своими исследованиями шуму наделаешь много. Но только мне, намерении, на международную конференцию по бетоноведению повелено быть – державу представлять. Твое имя там неведомо – молод еще, - а мое – каждая собака знает. Наверняка прознают, что я научный руководитель этой темы, накинутся всей сворой и раздолбают в дупу. Тебе не жалко старика? – дай помереть спокойно.

Вы уже догадались, какова дальнейшая судьба, после всего этого, ожидает молодого и талантливого? А вот и не угадали!!!

По первому сценарию он отправляется со своим престарелым академиком на эту зарубежную конференцию. Официально - учителю чемоданы подносить, неофициально – организовывать грамотный “промоушн” своих исследований. И, что самое пикантное во всей этой истории, именно закулисными стараниями этого самого академика, там им обоим воздается по заслугам. Престарелому академику – почетную грамоту и билет на обратный путь – много ли старику надо? А молодой и талантливый, еще раз убедившись, что его учитель – это Учитель, преисполненный сыновней благодарности отправляется в какой нибудь Кембридж или Оксфорд, продолжать начатые исследования. И хотя теперь, с их результатами, станет возможным ознакомиться только после покупки патентов и лицензий на высокоэффективное оборудование для производства строительных материалов, - так ли уж много потеряла от этого Наука?

Встречая на международных бетоноведческих конференциях, соотечественники над таким подсмеиваются – публикаций, мол, нет совсем, сидишь в уголке, не докладываешься, а только слушаешь. Айда с нами, у нас хорошо, у нас перестройка, плюрализм и “розбудова дэмократычного суспільства”, твои исследования в журнальчик тиснем. Вот и билет на паровоз тебе уже купили.

- Да нет, спасибо, я уж какнибудь своим ходом – вон и самолетик за мной уже прислали.....

По второму сценарию молодой и талантливый оказывается еще и с предпринимательской жилкой. Вовремя смекнув, что с агонизирующей строительной индустрии много не возьмешь он перенацелил свои исследования в другое русло – да хоть бы печки чистить, то бишь котлы в котельных. Там каждый сотый процент накипи в котлах съедает миллионы кубометров газа по стране. Просто золотое дно, если научиться энергетиков от этой накипи безболезненно и просто избавляться. И омагниченная вода здесь пришлась как нельзя кстати.

Есть еще и третий сценарий. Самый для нас интересный, т.к. непосредственно касается малого бизнеса использующего в производстве строительных материалов омагниченную воду. Попытаемся проследить за размышлениями молодого ученого в этом направлении и мы. Тем более, что эффект от омагниченной воды, уж очень созвучен людской натуре. И если мы подыскиваем витиеватую аллгорию на способ минимизации трудозатрат при ловле рыбы в пруду, те же англичане рубят правду матку прямо и определенно – “Халява, сэр!”

Из-за чего грызутся ученые мужи, что их не удовлетворяет в омагниченной воде? – Ответ на поверхности – слабая воспроизводимость эксперимента. И вот здесь требуется небольшое отступление.

Итак, ученый предлагает какой либо способ, изменяющий что-либо. Без разницы, что. Без разницы как. И ему, как исследователю, по большому счету, неважно, положительный получается результат или отрицательный. Его главная задача – раскрыть механизм, в соответствии с которым ЭТО происходит. Подтвердить правильность выдвинутой теоретической модели призван эксперимент. Причем, чем более точно он всякий раз воспроизводится, тем вернее теоретическая модель, заложенная в его обеспечение. А разброс результатов использования омагниченной воды в бетоноведческом эксперименте достаточно велик. Настолько, что полностью исключает предлагаемые теоретические модели из списка потенциально диссертационных. В этом самый главный корень проблемы!!!!

Прежде чем принять окончательные очертания, каждый самолет, на моделях продувается в аэродинамической трубе. Результаты продувок пересчитываются по 22 критериям подобия. И только после такого пересчета, они становятся применимы к натурному полноразмерному образцу. Ведь поток воздуха, как объект, отражающий аэрогидродинамику тела, находящегося под его воздействием, постоянен и для модели и для настоящего самолета, но их геометрические размерности разнятся между собой на порядки. Для корректного переноса результатов продувок и требуется их масштабировать по сложным математическим зависимостям, найденным эмпирическим путем.

Почему же в бетоноведении, экспериментатор, оперируя объемами бетона, измеряемыми лабораторным тазом, переносит полученные результаты на промышленные миллионы кубометров безо всяких поправочных коэффициентов на масштабируемость? Не в этом ли первопричина того, что результаты экспериментов по омагничиванию воды мало воспроизводимы в промышленных масштабах, как и наоборот! – При удачном стечении обстоятельств и грамотном подходе, промышленные установки показывают блестящие результаты. Их слепое, но точное копирование на другом производстве также наследует высокий положительный эффект. Но как только ученым поручают разобраться с феноменом, и они начинают носиться со своими лабораторными тазами – эффект пропадает а то и меняет свой знак на противоположный!!!

Многочисленные эксперименты по оценке влияния омагниченной воды на бетоны однозначно свидетельствуют – эффект магнитообработки носит экстремальный характер. Существует некий оптимум, как по напряженности магнитного потока, так и по скорости протекания воды, а также её минералогическому составу. Для каждой отрасли промышленности, использующей омагниченную воду, он разный. Глубоко ошибочной, порочной и даже вредной следует признать практику бездумного использования омагничивающих приборов, ориентированных на работу в других технологических цепочках.

Так, например, если мы стремимся достичь максимального прироста кубиковой прочности, совокупный параметр, отражающий повышение прочности цементного камня в зависимости от скорости протекания жидкости и напряженности магнитного потока имеет ярко выраженный экстремум при

показателях: скорость протекания воды – 0.65 м/с и напряженность магнитного потока – 155 – 170 кА/м. (см. рис. 1)

Если нас интересует кинетика набора пластической прочности цементного камня, то при показателях напряженности поля в 141 кА/м удастся достичь чуть ли не линейной её зависимости (заветная мечта любого пенобетонщика). Как уменьшение, так и увеличение магнитного поля, нивелируют этот эффект до бесполезной траты денег на омагничивающее устройство (см. рис. 2)

Эта экстремальность также ярко проявляется и для других параметров строительных вяжущих. Так существенное ускорение кинетики набора прочности цементного камня достижимо при напряженности поля в 139 кА/м.

Предварительное введение в воду, подлежащую омагничиванию, двухвалентного железа в количестве 0.6 мг/л приводит к ускоренному образованию центров кристаллизации и повышению прочности гипса.

Значительно влияние магнитной обработки воды на процесс гашения извести. Благодаря этому, варьируя режимами и интенсивностью магнитной обработки, можно повысить прочность газосиликатов на 15 – 20%.

Вот рассуждая примерно так, наш молодой ученый и сконструировал свой прибор для приготовления омагниченной воды в производстве строительных материалов. Используя серийно выпускаемые постоянные магниты можно их скомпоновать таким образом, чтобы достичь наиболее оптимальной напряженности магнитного потока. Ну а обеспечить постоянство скорости протекания воды через них способен даже простейший гидростабилизирующий прибор на основе смывного бачка от унитаза. Что самое интересное в этой конструкции – она, абсолютно не нуждается в какой либо защите от копирования. Можно прибор распилить, измерить, хоть на вкус попробовать. Пока не разгадаете магнитосилу применённых магнитов – все ваши потуги изготовить аналогичный прибор будут тщетны – просто не получите нужного эффекта.

Чем занят сейчас герой нашего рассказа? - Спилывает напильником маркировку с магнитов. А что мешает Вам воспользоваться моими рассуждениями и повторить его путь?

Использованная литература.

1. Ален А.О. Радиационная химия воды и водных растворов. 1963 г.
2. Арадовский Я.Л., Тер-Осипянц Р.Г., Арадовская Э.М. Свойства бетона на магнитнообработанной воде. //Бетон и железобетон. – 1972. - №4
3. Афанасьева В.Ф. Магнитная обработка воды при производстве сборного железобетона. //Бетон и железобетон. – 1993. - №11
4. Вопросы теории и практики магнитной обработки воды и водных систем. Сборник второго всесоюзного совещания. 1971г.
5. Вопросы теории и практики магнитной обработки воды и водных систем. Сборник третьего всесоюзного совещания. 1975г.
6. Классен В.И. Омагничивание водных систем. 1978 г.
7. Королев К.М., Медведев В.М. Магнитная обработка воды в технологии бетона. //Бетон и железобетон. – 1971. - №8
8. Летникова Ф.А., Кашеева Т.В., Минцис А.Ш. Активированная вода. 1976 г.
9. Миненко В.И., Петров С.М., Миц М.н. Магнитная обработка воды. 1962 г.
10. Миненко В.И. Магнитная обработка вводно-дисперсных систем. 1970 г.
11. Сизов В.П., Королев К.М., Кузин В.Н. Снова об омагниченной воде //Бетон и железобетон. – 1994. - №3
12. Стукалов П.С., Васильев Е.В, Глебов Н.А. Магнитная обработка воды. 1969 г.

При подготовке выпусков рассылки “Все о пенобетоне” используются только источники открытой печати и патентная литература бывшего СССР. Вся литература, на которую ссылается автор, имеется у него в наличии. Любые обвинения в нарушении нынешнего патентного законодательства и законов по охране авторских прав являются юридически несостоятельны.

Часть 3 – Модификация заполнителей.

Очень бурный интерес, вызывает модификация бетонов всяческими активирующими способами. Это и понятно – народ жаждет чуда. В душе всегда остается место вере в него. И как только появляется малейшая возможность – мы стройными рядами выстраиваемся за очередным мессией.

В бетоноведении подобным чудом можно смело назвать механохимию. Но если провести аллегорические сравнения, то любые способы активации – всего лишь красивая крыша для здания, именуемого “традиционное бетоноведение”. И если фундамент гнилой, а стены кривые – как его не украшай, - всё равно рухнет.

Даже элементарное соблюдение некоторых бетоноведческих постулатов способно само по себе сотворить чудо. Безо всякой химии, механохимии и прочей алхимии. Просто знать и соблюдать. Одним из таких фундаментальнейших постулатов является подбор заполнителей.

Для пенобетонов проблема заполнителей, на первый взгляд, кажется, достаточно простой – песок он и в Африке песок, чего его, мол, там подбирать, а тем более модифицировать. Попробуем всё же подойти к проблеме с научной точки зрения.

3.1 Микроструктура порового пространства ячеистых бетонов

Если рассмотреть снимок среза структуры ячеистого бетона сделанный под микроскопом можно увидеть (см. рис.1), что воздушные пузырьки примерно одинакового размера (показано белым цветом) разделены прослойками цементного камня (черный цвет). И чем менее плотен ячеистый бетон, тем черного на снимке меньше. Соответственно прочность также уменьшается. На определённом этапе воздушных пузырьков становится настолько много, что они уже начинают теснить друг друга и сливаться вместе. С этого момента прочность пенобетона начинает катастрофически падать.

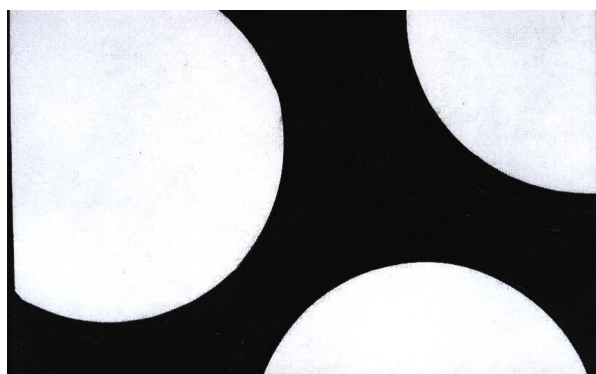


Рис.1 Микрофотография микроструктуры ячеистого бетона на чистом цементе

белый цвет – воздушные пузырьки

черный цвет – цементный клей

В простейшем случае, все прослойки между воздушными пузырьками можно создать, ограничившись только цементом и водой. Так обычно и поступают, когда изготавливают теплоизоляционные материалы низкой плотности. И сразу же автоматически сталкиваются с усадкой обусловленной множеством причин (подробней об этом в другой рассылке). Все проблемы усадки цементного камня можно вылечить кардинально – уменьшением количества цемента. Меньше цемента – меньше проблем с его усадкой. Заменить “недостающее” количество цементного камня можно каким либо заполнителем, песком, например (см. рис. 2).

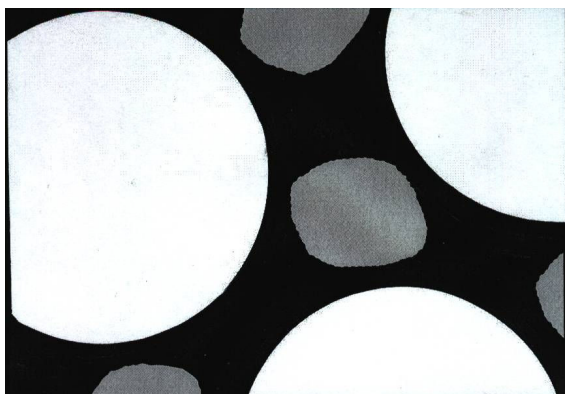


Рис.2 Микрофотография микроструктуры ячеистого бетона на цементе с заполнителем.

белый цвет – воздушные пузырьки

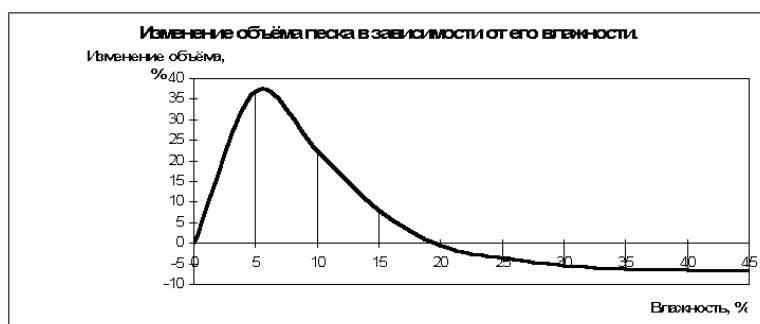
черный цвет – цементный клей

серый цвет – инертный заполнитель

Как видим, черного осталось еще достаточно. Хотелось бы и его, по возможности, заполнить. В этом нам помогут частички более мелкого заполнителя (см. рис. 3). Укладываясь между воздушными пузырьками и более крупными зернами, они еще более уменьшают количество потребного цементного клея, а, соответственно, ещё сильнее снижают возможные усадочные явления.

Песок имеет аномальную зависимость плотности от влажности. Пик аномалии находится на уровне 5-7% влажности. Этой влажности, обычно, соответствует свежесотгруженный песок – так называемой “карьерной влажности”. В процессе хранения возможно как высушивание, так и увлажнение песка. Насыпная плотность его при этом изменяется в соответствии с Графиком 1

График 1



Степень важности правильного понимания этого незатейливого, но с подвохом, графика проиллюстрирую простым примером, взятым из жизни.

Итак, при запуске производства и отработке технологии воспользовались следующей базовой рецептурой приготовления пенобетона:

- цемента – 350 кг

- песка – 420 кг

(остальные ингредиенты умышленно упущены).

Запуск производства и отработка технологического регламента проводились летом. Песок использовался карьерный, привезенный самосвалом. Полученные результаты производителя удовлетворили, он принял данную рецептуру как базовую и успешно на ней отработал всё лето. В процессе работы техпроцесс был модифицирован в сторону упрощения – обременительное и хлопотное весовое дозирование заменили на простое, “доходчивое” и понятное рабочим объёмное дозирование – ведрами.

С похолоданием основное производство было приостановлено. Но, пользуясь тем, что зимой машина песка стоит гораздо дешевле, чем летом, песок при каждом удобном случае продолжали завозить. Пока в цехе было место – его сваливали туда, потом на улицу, под открытое небо. С потеплением начали запускать производство – прошлогоднего качества получить, никак не удастся. Поочерёдно грешили на цемент, пенообразователь, плохой ускоритель, сильно хлорированную воду, пьяных рабочих, мокрый песок (с улицы), сухой песок (из цеха), происки конкурентов, “...ещё холодно” и т.д.

Ларчик открывался просто. При отработке регламента использовался песок карьерной влажности. Летом она как раз и составляет примерно 5 – 7 % - на пике кривой (см. график 1). Переход на объёмное дозирование никак не сказался на рецептуре, пока использовали свежезавезенный песок. Но когда стали применять заранее заготовленный, объёмное дозирование уже не стало соответствовать весовому! В помещении песок подсох, на улице – подмок. И в том и в другом случае его насыпная плотность значительно изменилась, что и явилось первопричиной появления брака.

Контрольное взвешивание показало, что в связи с изменением влажности песка, его объёмное дозирование в реальности давало следующие цифры:

- цемента – 350 кг

- песка – 505 кг

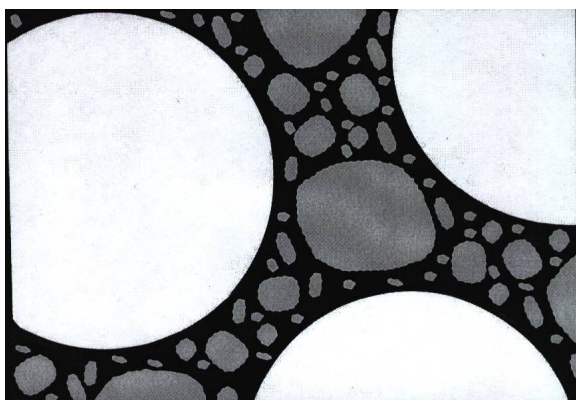


Рис.3 Микрофотография микроструктуры ячеистого бетона на цементе с заполнителем.

белый цвет – воздушные пузырьки

черный цвет – цементный клей

серый цвет – инертный заполнитель

3.2 Физические основы модификации заполнителей

Внимательно рассматривая рис.3, можно заметить, что в отдельных местах песчинки почти соприкасаются – прослойка цементного теста между ними минимальна. В других местах все наоборот. А есть ли некий оптимум толщины этой прослойки? Что лучше более тонкая или более толстая прослойка?

Рассматривая проблему прочности любых бетонов, хоть тяжёлых, хоть лёгких, хоть ячеистых, следует учитывать, что все они сжимающие усилия выдерживают гораздо лучше, чем растягивающие. Разница почти в 10 раз. Поэтому, стремясь увеличить прочность бетона вообще, главный акцент всегда делается на увеличение его сопротивляемости растягивающим усилиям. Есть целое направление в бетоноведении, через призму напряженно-деформированного состояния, рассматривающее проблему прочности бетона. Проведенными исследованиями установлено, что на увеличение концентрации растягивающих напряжений в теле бетона существенно влияют два критерия: соотношение модулей упругости заполнителя и цементной матрицы и толщина прослойки цементной матрицы, разделяющей зерна заполнителя.

3.2.1 Влияние соотношения модулей упругости заполнителей и цементной матрицы на прочность бетонов.

Для тяжелых бетонов соотношение модулей упругости заполнителя и матрицы (E_z/E_m) должно быть в районе 2 – 3. Поэтому максимальная прочность таких бетонов достижима только в случае применения прочных и плотных заполнителей типа гранитов. Если использовать не только гранитный щебень, но и отсеvy его дробления – гранитный песок, вместо обычного песка, то можно получить максимально возможную для этого класса бетонов прочность.

Для легких бетонов соотношение (E_z/E_m) = 0.7 – 0.8. Поэтому максимально возможная прочность достижима на менее плотном заполнителе – керамзите, топливных и доменных шлаках, аглопорите, вспученном перлите и т.д.

Отдельно, как крайний случай, следует рассматривать легкие бетоны на очень легких заполнителях ($E_z/E_m < 0.7$). Дешевизна и доступность этих материалов, являются объективной предпосылкой их использования, даже в ущерб прочностным показателям. В своё время огромное распространение получили так называемые органо- бетоны – разновидность лёгких бетонов, в которых в качестве заполнителя использовались различные органические отходы – в основном древесные опилки. На местах, особенно сразу после войны, не гнушались и уж совсем местными материалами – соломой, кострой, камышом и т.д. В настоящий момент наблюдается некий ренессанс органо- бетонов – их всё чаще и чаще стали рассматривать как дешевую, надежную и не капризную в производстве, альтернативу ячеистым бетонам. Попытки подменить копеечные органические заполнители современными материалами, более эффективными, но, соответственно, и более дорогими пока не нашли должного распространения. И корни проблемы не только в их более высокой стоимости.

Типичный представитель современных легких заполнителей - вспученный пенополистирол, являясь по физической природе лёгким заполнителем, из-за своей очень малой плотности, фактически ограничивается формированием макро пустотности. Никакого вклада в улучшение прочностных характеристик он практически не вносит. Для него соотношение (E_z/E_m) близко к нулю – это гораздо хуже, чем даже у лёгкого бетона на основе камыша.

3.2.2 Влияние толщины прослойки цементной матрицы, разделяющей зёрна заполнителя на прочность бетонов.

При изучении напряженно-деформированного состояния на микроуровне толщину пленки цементного клея, разделяющего зерна заполнителей варьировали в пределах от 0.01 до 0.05 мм. Экспериментально было установлено, что начальное трещинообразование в цементном камне с толщиной плёнки 0.05 мм происходит при нагрузках в 2 раза меньших, чем при толщине 0.01 мм. Иными словами, чем тоньше прослойка, - тем бетон прочней.

Усадка чистого цементного камня при его твердении достигает 1 – 3 мм/м. Из-за неравномерности усадочных деформаций, в теле цементного камня возникают огромные внутренние напряжения, проявляющиеся в форме трещин и микротрещин. Помимо того, что заполнитель воспринимает часть этих усадочных деформаций, его правильный подбор позволяет уменьшить и количество цемента, собственно и порождающего усадочные явления.

На этих простых выводах и строится вся стратегия подбора заполнителей для бетона – скомпоновать их таким образом, чтобы обеспечить минимально возможную пустотность, а соответственно израсходовать минимальное количество цементного клея. Если учесть, что эти устремления созвучны и с критериями экономического порядка, понятно, почему гранулометрии заполнителей бетоноведение уделяется столь пристальное внимание, рассматривая её как один из фундаментальнейших постулатов.

3.3 Физические основы формирования пустотности цементной матрицы.

Если зёрна заполнителя имеют примерно одинаковые геометрические размеры, то объём образующихся пустот не зависит от абсолютного размера зёрен. Хоть крупные зерна укладывай, хоть мелкие, - если все они одинакового размера, - пустотность тоже будет примерно равной. Это правило имеет строгое математическое объяснение, с которым можно более детально ознакомиться в специализированной литературе.

Образовавшиеся пустоты нужно заполнить более мелким заполнителем. А оставшиеся пустоты – еще более мелким.

Исходя опять же из голой математики, если мы смешиваем зерна двух фракций, наименьшую пустотность можно получить, когда размеры фракций различаются в 6.5 раза. При изготовлении сухих строительных смесей так и делают – песок рассеивают на несколько фракций. Затем их смешивают в определенной пропорции назад. Подобная модификация заполнителей дорога и хлопотна, её уместно проводить только в исключительных случаях.

В производственной практике наибольшее распространение получили заполнители, с так называемым, непрерывным зерновым составом – природные пески типичный их представитель. В обобщенном виде соотношение зерен разных фракций описывается показателем, называемым модуль крупности – $M_{кр}$. Любая строительная лаборатория в течение нескольких часов способна определить $M_{кр}$ и дать соответствующее заключение о пригодности данного песка для тех или иных работ. Обычно природные пески относятся к категории мелких, для производства тяжёлых бетонов их приходится искусственно обогащать, добавляя более крупные зёрна.

Целые страны имеют мелкие пески, которые для нужд производства тяжёлых бетонов приходится обогащать – Украина, например. Для ячеистых бетонов, а особенно для пенобетонов, ситуация с грамотным подбором гранулометрии заполнителей на порядок сложнее общепринятой методологии.

Если принять, воздушные пузырьки диаметром около 1 мм за самую крупную фракцию, элементарный расчет показывает, что следующая фракция должна быть в пределах 0.15 мм, а еще более мелкая – 0.02 мм.

3.4 Вредные примеси в песке

Обыкновенный песок при всей очевидной простоте скрывает в себе множество секретов. И главные из них, после оптимизации гранулометрии конечно, - вредные примеси и их влияние на бетон. Особенно это утверждение важно для пенобетонов – на плохом песке получить качественную продукцию невозможно принципиально.

Очень важно, чтобы в песке отсутствовали органические примеси и особенно гуминовые кислоты. Они являются очень сильными замедлителями схватывания и твердения цемента. Как уберечься от этой напасти? – Достаточно просто – не использовать песок, загрязненный грунтом или грунтовыми водами: – если вам привезли песок вперемешку со вскрышным грунтом, для производства пенобетона он не годится.

Все природные пески загрязнены примесями ультрамелких частиц – пылевидных, илистых или глинистых. Карьерный песок, к тому же, обязательно имеет в своем составе и включения глины – так называемая “глина в комках”. Производственники очень часто закрывают глаза на эти примеси – дескать, их всего несколько процентов. И, тем не менее, ультрамелкие, особенно глинистые частицы способны даже в малых количествах значительно снизить прочность изделий.

Если взять одинаковый объем, скажем, 1 литр, заполнителей различных фракций, и измерить их удельную поверхность, то ясно видно (см. Таблица 1), что чем меньше частицы, тем их удельная поверхность выше. Для глинистых частиц она уже практически приближается к аналогичным показателям цемента.

Таблица 1

Фракция заполнителя	Удельная поверхность, м²/л абсолютного объема
0.6 – 0.3 мм	13
0.3 – 0.15 мм	27
Менее 0.15 мм	80
Пылевидные частицы	160
Илистые частицы	220
Глинистые частицы	2400
Цемент (для сравнения)	3000

Если учесть, что из условий обеспечения максимальной прочности, каждая частичка заполнителя, должна быть покрыта оболочкой цементного клея, получается что на “обволакивание” ультрамелких частиц потребуется гораздо больше цемента, чем на крупные частицы, занимающие аналогичный объем. Всего несколько процентов глины в песке бесполезно “нейтрализуют” на свое склеивание столько-же цемента, сколько и весь оставшийся песок!!!

Кроме того, глинистые примеси существуют и в форме тончайших плёнок, обволакивающих зерна песка. Такая прослойка существенно, на 30 – 50%, снижает прочность сцепления (адгезию) заполнителей с цементным камнем.

Кроме того, иногда в песке присутствуют и иные вредные примеси – сернистые и сернокислые соединения, слюда, аморфные модификации кремнезёма. Последние вообще очень опасны для пенобетонов, т.к. они способны вступать в прямую химическую реакцию с щелочами и образовывать вещества вызывающие растрескивание цементной матрицы. Ситуацию усугубляет и то, что именно пенобетонная технология по самой своей сути способствует привнесению щёлочей извне – с тонкомолотыми высокомарочными цементами, пенообразователями, ускорителями и пластификаторами.

3.5 Изменение насыпной плотности песка от влажности.

В промышленном производстве строительных изделий практически всегда используется весовое дозирование компонентов. Пенобетонщики, особенно начинающие, в целях удешевления и упрощения процесса производства, как правило, применяют объёмное дозирование. Единицей меры в лучшем случае выступает ведро, а обычно - лопата. Рабочий “мечет” в смеситель положенное число лопат песка, несколько ведер цемента – на этом стадия дозирования считается законченной. За ней обычно наступает стадия абсолютно непонятных проблем со “скачущими” характеристиками получаемой продукции. Винят плохой цемент, отвратительный пенообразователь, гадостную воду и т.д. Хотя зачастую первопричина лежит именно в неправильном подходе к дозированию компонентов.

3.6 Методы модификации заполнителей.

При всей кажущейся простоте вопроса, именно из-за его кажущейся малозначимости, модификация заполнителей рассматривается пенобетонщиками, обычно, в самую последнюю очередь. Хотя при грамотном подходе можно получить эффект намного больший, чем от любого химиченья-алхимиченья. Причем гораздо дешевле и наверняка!

3.6.1 Модификация песка рассевом на фракции.

Это, наверное, самое плохое решение применительно к технологии производства пенобетона. Традиционно рассев песка на фракции применяется в технологии тяжелых бетонов и растворов для вычленения излишка мелкой фракции и глинистых частиц. В нашем случае, наоборот, требуется вычленить крупную фракцию – всё, что крупнее 0.15 мм желательно убрать, а оставшееся тоже рассеять и заново смешать в нужных пропорциях. Подобными манипуляциями нужную нам мелкую фракцию мы настолько искусственно обогатим глинистыми частицами, что заполнитель станет абсолютно непригоден для пенобетона. Кроме того, любой рассев заведомо предполагает, что песок предварительно будет высушен – иначе просто не сеется, а это дополнительные энергозатраты.

3.6.2 Модификация песка гидроклассификацией

Песок можно разделить на фракции и путём гидравлической классификации. Этот способ обычно применяется как сопутствующий при гидроклассификации песчано-гравийных смесей. В качестве самостоятельного метода его следует при малейшей на то технической возможности применять для удаления их карьерного песка ультрамелких частиц – илистых и глинистых. Мытый (промытый, речной) песок за счет малого количества в нем ультрамелкого наполнителя способствует значительному увеличению прочности тяжелых бетонов. В пенобетонах речные пески позволяют уменьшить расход цемента и уменьшить усадочные явления.

3.6.3 Модификация песка измельчением

Если песок подвергнуть измельчению в шаровых или вибромельницах, его характеристики многократно улучшаются. Размол крупных фракций уменьшает процентное содержание в массе ультрамелких и глинистых частиц. Кроме того, в процессе помола с зерен песка отдираются загрязняющие окисные и глинистые плёнки – он становится более реакционноспособным. Совместный помол с вяжущим облегчает домол последнего. В этом случае зерна цемента выполняют также и функции мелющего тела. Кроме того, совместный помол гомогенизирует смесь, а в отдельных случаях и способствует протеканию гидросиликатного твердения даже при атмосферных условиях за счет механохимической активации продуктов помола.

Этот способ нашел наибольшее применение в промышленных условиях.

3.6.4 Модификация песка обогащением мелкой фракцией

Из всех способов этот наиболее прост и дешев. Его суть заключается в том, чтобы обогатить песок фракциями менее 0.1 мм, но при этом это не должны быть глинистые частицы. Для этих целей наиболее подходит зола-унос тепловых электростанций. В основном она состоит из фракций размерностью 0.06 – 0.02 мм, очень дешева и обладает, к тому же, некоторыми вяжущими свойствами. Основной недостаток золы – наличие пережженных окисей кальция и магния. Они очень медленно гасятся, как правило, будучи уже в составе изделия – пенобетон “пучит”, он через время буквально рассыпается в пыль. Поэтому перед применением, свежей золе-уносу нужно обязательно дать несколько месяцев вылежаться во влажном состоянии.

Если поблизости нет тепловой электростанции, и Вы не знаете где эту золу взять – смело отправляйтесь на ближайший асфальтовый завод – её повсеместно добавляют в асфальт.

3.6.5 Химические способы модификации мелкого заполнителя

Этот способ самый экзотический и самый “засекреченный”. Он передаётся от отца к сыну вот уже лет 80, с момента начала производства пенобетона. Его суть с химической точки зрения очень проста, а натурная реализация элементарна, поэтому остановлюсь на этом способе поподробней.

В гравитационный смеситель (вращающаяся груша) засыпается песок. Ось вращения смесителя устанавливается горизонтально с небольшим возвышением. В горловину постоянно направлена струя воды из шланга.

В процессе вращения смесителя, песок всё время перемешивается и хорошо промывается от ультрамелких включений, а излишки воды перетекают через край горловины и отводятся в сторону по специальному водоотводящему желобу. Окончание промывки хорошо заметно – вода пойдет чистая.

Небольшим наклоном груши смесителя излишки воды сливаются, и.... начинается таинство. В смеситель приливается несколько кружек некой таинственной жидкости и перемешивание возобновляется. Через время туда же засыпается некоторое количество золы-уноса, а еще через время полученная шихта вываливается. Всё.

Что это за таинственная жидкость? – соляная кислота, продаётся в хозяйственных магазинах как средство для чистки унитазов. Зачем она нужна?

Помимо глины имеющейся в песке в свободном состоянии, и которую можно удалить отмучиванием в водном потоке, не меньший вред доставляют глина и окисные плёнки, покрывающие зерна песка. Тончайшая пленка, по сути, изолирует окись кремния, из которой состоит песок, от сцепления с цементным камнем. Её удаление сразу, чуть ли не в половину, увеличивает силы этого сцепления, а, следовательно, и прочность. Соляная кислота способствует растворению этих пленок.

Известь получают из известняка или мела в процессе обжига при температуре 700-800 °С. Если температура в печи будет больше, получается так называемый “пережог”. Если обычная известь гасится в течении нескольких минут, то у “пережога” этот процесс растягивается на месяцы. И если крупинка такой пережжённой извести попадет в составе штукатурки на стену – через несколько месяцев в этом месте вы получите так называемый “дутик”, а штукатурки огромнейшие неприятности.

Сгорающее в печи топливо развивает гораздо более высокие температуры. Находящаяся в золе-уносе известь вся пережженная! Попадая в состав пенобетона миллионы таких “дутиков” разорвут его в порошок. Значит нужно, чтобы содержащаяся в золе-уносе пережженная известь прогасилась до её попадания в состав пенобетона. Простейший способ – увлажнить её и оставить на несколько месяцев в покое – само пройдет. Но можно поступить хитрее. Пусть эту известь загасит соляная кислота – у неё это получается гораздо быстрее и лучше, чем у простой воды. К тому же в результате подобной химической реакции образуется хлористый кальций – самый эффективный ускоритель схватывания и твердения цемента!

Остатки кислоты, на нейтрализацию которой не хватило известняковых примесей в песке и извести в золе-уносе пусть остаются. Будучи введенными, в составе песчано-зольной шихты в состав пенобетона, они вступят в реакцию с цементом, опять же с образованием хлористого кальция! Причем эффективность такого “свежеобразованного” хлористого кальция гораздо выше обычного. В этом случае он способен на более жесткое воздействие на кинетику схватывания и набора прочности цементом. Для традиционного тяжелого бетона подобная “крутизна” излишня и даже вредна, а вот для пенобетонов – в самый раз.

(Химико-технологические и рецептурные расчеты данного процесса, а также конфликт между кислотными ускорителями и пенообразователями, стабилизированными природными коллагенами и жирными кислотами будет рассмотрен позднее.)

3.7 Модификация заполнителей по правилу ТРИЗ

В теории изобретательства существует так называемая ТРИЗ (Теория Решения Изобретательских Задач). Один из способов решения проблемы заполнителей, подсказанный ТРИЗ, гласит: - “ Убери проблему вообще, и тогда она не будет тебе мешать”.

Но для начала давайте определимся, какая проблема в модификации заполнителей у нас имеется?

Самая главная они, эти самые заполнители, и есть. Вот если бы без них можно было бы обойтись, но чтобы “что-то” исполнило главную их функцию – сэкономило цементный клей.

- Так пусть воздушный пузырёк и исполнит роль заполнителя!, заодно и плотность пенобетона снизим.

- А как получить пузырьки разных размеров? – ведь в пене они стремятся уравниваться, таковы физические законы.

Выход в получении пор разного размера (*двумодальная пористость – см. предыдущие рассылки*) один – механизм их образования должен быть разным и к тому же, разнесённым во времени. Реализовать этот механизм можно в пено-газо-бетонах. Малые поры образуются в процессе перемешивания цементного раствора в присутствии пенообразователя за счет воздухововлечения. Большие поры образуются в процессе газовыделения от находящейся в растворе алюминиевой пудры (см. Рис. 4).

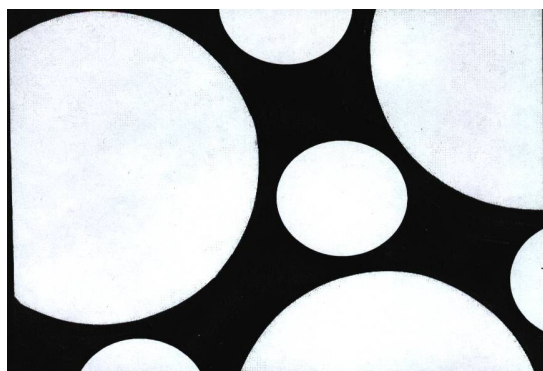


Рис.4 Микрофотография микроструктуры ячеистого пенно-газо-бетона.

белый цвет – воздушные пузырьки

крупные пузырьки – от алюминиевой пудры

мелкие пузырьки – от пенообразователя

черный цвет – цементный клей

А если и далее модифицировать процесс. Добавить к вышеприведенному эффекту еще и мелкий заполнитель. Причем это уже должен быть совсем мелкий заполнитель – обычный песок для этого не годится, - вот зола-унос будет в самый раз. В результате получаем пено-газо-зола-бетон (см. Рис. 5)

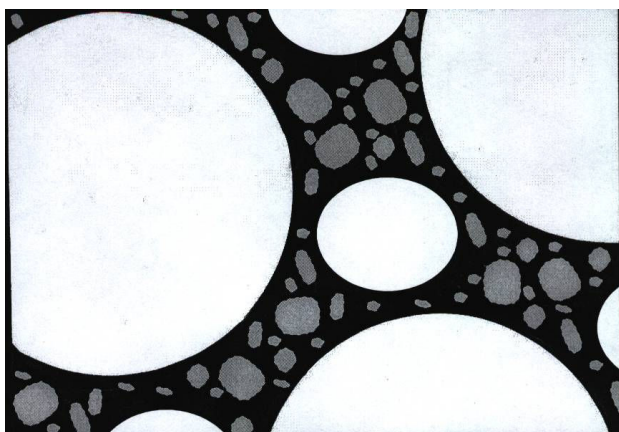


Рис.5 Микрофотография микроструктуры ячеистого пенно-газо-золо-бетона.

белый цвет – воздушные пузырьки

крупные пузырьки – от алюминиевой пудры

мелкие пузырьки – от пенообразователя

черный цвет – цементный клей

серый цвет – инертный заполнитель – зола-унос.

Остается последний вопрос - как разнести процесс пенообразования и газообразования во времени. Оригинальное решение было найдено ещё в 60-х. Оно обыгрывает тот факт, что алюминиевая пудра выделяет водород, формирующий крупные поры, хоть и много (из 1 гр. пудры получается примерно 1.2 литра водорода) но уж очень медленно – около часа. Это серьёзно осложняет производство газосиликатов – приходится долго ждать, пока смесь “поднимется”. Ученые и тут обратили минус в плюс.

Пусть, рассудили они, в один смеситель сразу загружаются цемент, вода, пенообразователь и алюминиевая пудра. В процессе скоростного перемешивания, смесь будет насыщаться микропузырьками вовлеченного воздуха, а алюминиевая пудра, за счет своей “медлительности”, еще даже и не подумает вступать в реакцию. После того как поризованная смесь уже разлита по формам, они подвергаются интенсивной вибрации. Вибрация мгновенно “пробуждает” алюминиевую пудру и выделяющийся водород насыщает массу теперь уже крупными пузырьками.

Полученный строительный материал получил название вибровспученный пено-газо-золо-бетон.

Как частный случай, абсолютно полностью подтверждающий справедливость выше приведенных рассуждений, следует рассматривать пенополистирол-бетон. Являясь по своей физической сути легким бетоном (вспученный пенополистирол в нём выполняет функции лёгкого заполнителя), по теплофизическим характеристикам он примерно соответствует ячеистым бетонам аналогичной плотности. Но его прочностные характеристики, и особенно трещиностойкость, намного лучше. А почему? – А в первую очередь потому, что в нём реализована дву模альная пористость – крупные поры формируют шарики вспененного полистирола, а мелкие – микропена от введенного пенообразователя. И правильной его, всё-таки, следовало бы называть поризованный-пенополистирол-бетон. Путаницу усугубляет и терминологическая неразбериха - добавки ПАВ, которые почему-то вместо традиционного и понятного названия – пенообразователь, получили торговое название адгезивы. Хотя подобный способ облегчения вымешивания лёгкого заполнителя за счет понижения плотности бетонной матрицы путём микропенообразования в присутствии ПАВ давно и успешно используется в других технологиях лёгких бетонов, в частности в керамзитобетоне.

Использованная литература.

1. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона, 1981 г.
2. Баженов Ю.М. Технология бетона. 1987 г.
3. Вагнер Г.Р. Физико-химия активации цементных дисперсий, 1980 г.
4. Вибровспученный газобетон. Изготовление, макроструктура и технические свойства, 1962 г.
5. Гусев Б.В., Зазимко В.Г. Вибрационная технология бетона
6. Гусев Н.М., Климов П.П. Строительная физика, 1965 г.
7. Зазимко В.Г. Оптимизация свойств строительных материалов. 1981 г.
8. Изготовление ячеистых бетонов методом вибровспучивания, 1961 г.
9. Кривицкий М.Я., Волосов Н.С. Заводское изготовление изделий из пенобетона и пеносиликата, 1958 г.
10. Меркин А.П., Левин С.Н. Производство изделий из ячеистого силикатного бетона методом вибровспучивания, 1960 г.
11. Москвин В.М. Добавки – ускорители твердения бетона, 1937 г.
12. Новиков Б.А. Причины неоднородности ячеистых бетонов по объемному весу// Строительные материалы №11, 1962 г.
13. Справочник по бетонам и растворам. 1979 г.
14. Справочник работника строительной лаборатории завода ЖБИ, 1980 г.

Часть 4 – Модификация соотношения Вода/Цемент (В/Ц)

Анализ "строительного Интернета" позволяет достаточно легко выявить наиболее "модные" темы обсуждений. Различные сайты специализируются на разных направлениях. А, представляя тот или иной "дом моделей", в меру своих сил и способностей, направленно формируют структуру интересов посетителей - ни для кого не секрет, что практически все сетевые ресурсы реализуют или сопровождают определенные коммерческие проекты.

Стало уже доброй традицией при каждом таком сайте иметь свой Форум. Как способ информационной поддержки, сложных либо узкоспециализированных тем, коими изобилуют строительные направления, их рассматривать, конечно, нельзя. И в первую очередь из-за ограниченности формата, - скорее некая трибуна, место обмена мнениями и информацией оперативного характера, призванные "перенацелить" страждущего на основные ресурсы сайта.

Если активность Форума не формируется искусственно, он очень результативно отслеживается практически всеми поисковиками – основными поставщиками новых посетителей на сайт. Нужно только, чтобы темы обсуждений, а соответственно и присутствующие в них ключевые слова – объект предполагаемого поиска, как можно точнее соответствовали структуре интересов и запросов потенциальных посетителей. (Утверждения об обратном – от лукавого, - нужно быть законченным

глупцом либо патологическим лентяем, чтобы не использовать такой действенный механизм привлечения новых посетителей на свой сайт).

Если внимательно присмотреться к строительным Форумам именно с позиций количества в их сообщениях ключевых слов, таковых окажется не так уж и много - пара-тройка десятков. Еще более внимательный анализ покажет, - наличие именно этих слов-лексем в сообщениях и обеспечивает степень демократичности Форума. Модератор, порой, согласен даже закрыть глаза на явные рекламистские ушки, торчащие из отдельных сообщений, пока их информационная наполненность отрабатывает общую идею. А уж если это "дружественные уши", зайца кормящегося с соседней грядки – тут, как говорится, - сам Бог велел. (Особняком стоит ситуация с залётными зайцами-мутантами – пока они смачно хрумят чужую моркву, сторожа тоже не внакладе - продают билеты всей округе, сбежавшейся поглядеть на цирк).

А если пойти "от обратного" - какая тема наименее освещена в строительном Интернете, и почему?

Такой информационной золушкой, по праву, можно назвать тему водоцементного соотношения – сокращенно В/Ц. Один из самых главных, фундаментальных и основополагающих постулатов бетоноведения он, в том или ином приложении, справедлив для любых минеральных вяжущих. Его грамотная реализация способна творить чудеса. Для их натурной реализации достаточно всего лишь ЗНАНИЯ, и его неукоснительного соблюдения со стороны исполнителя. Но водоцементное соотношение нельзя продать. Соответственно, с позиции продавца, обсуждать его, либо популяризировать, либо просто разъяснять суть явления – бессмысленная трата средств и времени.

На другом полюсе популярности и обсуждаемости – тема пластификаторов. Их "раскрутке", продвижению и продаже, в той или иной степени, уделяют внимание все, даже ленивые. Нет ни одного строительного сайта, где бы Вы не нашли о них упоминания. А задавать поисковику в качестве объекта поиска лексему "пластификатор" просто бессмысленно – завалит тысячами ссылок. И если Вы станете руководствоваться этими ссылками, сути проблемы – А для чего собственно эти пластификаторы нужны? - так и не уясните.

Между тем, эти две темы – "оптимизация В/Ц" и "Пластификаторы" - близнецы-братья. Они неразрывно связаны друг с другом. Но если оптимизация В/Ц – описывает суть происходящих явлений, то пластификаторы помогают эту оптимизацию реализовать в натурном воплощении без лишних хлопот.

И если водоцементное соотношение продавать бессмысленно, то способы его оптимизации – очень даже ходовой товар. Попробую вас в этом убедить, но вот только начну нетрадиционно – с самого начала...

4.1 Вода в бетонной смеси

Вода является наиболее важным фактором, определяющим как технологические свойства бетонной смеси, так и одним из обязательных её компонентов. Проследим, как распределяется и используется вода в бетонной смеси и каково ее влияние на качество смеси при постепенном увеличении ее содержания.

4.1.1 Виды воды в бетонной смеси

Вода, содержащаяся в бетонной смеси, может быть:

- **в связанном состоянии**, когда она находится во взаимодействии с твердыми частицами смеси и удерживается в ней силами, превышающими силу тяжести;

- **в свободном состоянии** - когда она заполняет крупные пустоты цементного камня, легко в них передвигается и столь же легко может быть из них удалена механическим путём – отжатию, центрифугированием, вибрированием, прессованием, вакуумированием и т.д.

К связанной воде относятся:

- а) химически связанная вода;
- б) адсорбционно связанная вода;
- в) капиллярно связанная вода

Химическое связывание воды происходит в результате химических реакций с участием минералов, составляющих цементный клинкер. Её количество определяют стехиометрические соотношения в таких соединениях, как $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ и различных кристаллогидратах составляющих основу цементного клинкера. Эта вода нас, пока, не интересует (во всяком случае, в рамках темы именно этой рассылки).

Адсорбционно-связанная вода – это тонкие, молекулярной толщины, и окружающие их, более толстые – порядка 0.1 микрона пленки воды, покрывающие все твёрдые компоненты бетонной смеси. В таких тонких слоях вода уже изменяется – значительно повышается её плотность и структурная вязкость. С физической точки зрения, в таких тонких плёнках воду следует уже рассматривать не как жидкость, а как твёрдое тело.

Количество воды, затрачиваемое на образование слоя адсорбционно-связанной воды наибольшей толщины, определяет максимальную влагоемкость твердых компонентов бетонной смеси. А её величина непосредственно зависит от удельной поверхности твердых частиц. В бетонной смеси наибольшее значение имеет влагоемкость вяжущего вещества – цемента, и других мелкозернистых добавок, обладающих наибольшей удельной поверхностью – глинистые и илистые включения в заполнители.

Капиллярно связанная вода находится под действием капиллярных сил, развивающихся в результате поверхностного натяжения возникающего на границе двух сред. В узких капиллярах цементного камня диаметром менее 40 микрон, вода удерживается исключительно капиллярными силами. Чем меньше диаметр капилляра, тем эти силы больше. И соответственно больше давление, преодолевая которое влага стремится заполнить эти капилляры – до 200 атм. (В этой связи становится понятно, что любые обмазочные гидроизоляции бетонов не способны в полной мере бороться с капиллярным водоподсосом – с усилием в несколько сот атмосфер, с которым вода стремится проникнуть в бетон, можно бороться только тем же "капиллярным оружием").

Кроме того, сквозные капилляры диаметром меньше 0.2 микрона могут самопроизвольно заполняться водой в процессе сорбции и конденсации в них водяных паров уже на стадии эксплуатации. Чем меньше диаметр пор, тем этот процесс идет легче. Но и удаление такой капиллярной влаги происходит аналогично – чем тоньше пора, тем сложнее из неё эту влагу извлечь.

4.1.2 Механизм обводнения бетонной смеси.

Образование менисков воды в местах контактов твердых компонентов бетона (обводнение поверхности межзерновых пространств) и заполнение ею узких капилляров происходит в тот период, когда воды в системе еще недостаточно для того, чтобы заполнить все пустоты и более крупные капилляры и поры в системе. При влажности бетонной смеси, обеспечивающей возможность полного обводнения поверхности всех твердых частиц и образования контактных менисков, смесь обладает минимальной подвижностью, однако достаточной для того, чтобы при соответствующей работе уплотнения обеспечить наиболее плотную укладку бетона.

Следует учесть, что количественное распределение различно связанной воды, имеющейся в бетонной смеси, меняется во времени с развитием процессов химического взаимодействия, с внутренним отсосом воды в поры заполнителей, а также в зависимости от изменения состояния влажности бетона и окружающей среды

По мере увеличения количества свободной воды в системе уменьшается вязкость цементного теста и увеличивается подвижность бетонной смеси. Однако повышение подвижности смеси одним лишь

увеличением содержания в ней воды при неизменности составляющих материалов и их соотношения может нарушить связность, вызвать отделение воды и расслоение смеси. Пределом допустимого состояния для каждой бетонной смеси является наибольшая подвижность, при которой ещё сохраняется способность смеси удерживать содержащуюся в ней воду. Этот предел, называемый водоудерживающей способностью бетонной смеси, зависит в значительной степени от водоудерживающей способности вяжущего вещества и других, мелкозернистых тестообразующих компонентов в бетоне.

С увеличением содержания воды в смеси сверх этого предела тесто быстро теряет свойства упруго-пластично-вязкой массы. Причем вязкость теста настолько уменьшается, что приготовленная смесь сразу после перемешивания начинает расслаиваться, а частицы твердых компонентов оседают со скоростью, зависящей от крупности и удельного веса, составляющих. Вода будет отделяться до тех пор, пока в смеси не установится содержание воды, соответствующее ее водоудерживающей способности. Отделившаяся вода, как наиболее легкий компонент в бетоне, поднимается вверх, размещается на открытой верхней поверхности уложенной бетонной смеси и, насыщая этот верхний слой, делает его наиболее рыхлым и слабым местом в конструкции.

Процесс видимого водоотделения и расслаивания переходит в более длительный по времени и незаметный на глаз процесс оседания частиц песка и подвижной цементноводной суспензии, происходящий в пространствах между зернами крупного заполнителя (явление седиментации), который сопровождается внутренним расслоением. Процесс седиментации длится до полного загустевания (схватывания) смеси.

Критическое содержание воды в тесте, сверх которого теряется связность смеси и отделяется избыточная вода, зависит от многих физических факторов, характеризующих данное вяжущее вещество и микрозаполнители. Наиболее важным из них является – водопотребность.

Водопотребность портландцементов редко превышает 28%, чем меньше – тем лучше. Именно такое количество воды цемент способен связать в результате химических реакций и перевести в химически связанную воду.

Водопотребность портландцементов – показатель, формируемый в процессе их изготовления. Она очень сильно зависит как от минералогической базы, на которой работает тот или иной завод, и степени измельчения цемента, так и от количества активных минеральных добавок, вводимых в процессе помола.

Вся вода, введенная сверх этого количества, – вредная вода. Она сформирует в теле цементного камня поры и капилляры.

Хоть от воды, хоть от места, которое она ранее занимала, а затем испарилась – прочности, ну никакой. А вот по капиллярным ходам, оставленным лишней водой, впоследствии, уже на стадии эксплуатации, начинает мигрировать капиллярная влага. Бетон станет периодически увлажняться/высыхать или увлажняться/замерзать – начнут развиваться усадочные явления, и снизится морозостойкость. Кроме того, влага, имеющая возможность двигаться в толще цементного камня, способна выносить из него и отдельные водорастворимые соединения – развивается т.н. коррозия цементного камня.

4.1.3 Внутреннее водоотделение в твердеющем цементном камне.

При нормальной густоте портландцемента, соответствующей водопотребности в 28% ($V/C = 0.28$), предельное содержание воды, при котором цементное тесто ещё сохраняет свою структурную связность или водоудерживающую способность, составляет примерно 45% от веса цемента ($V/C=0.45$), т. е. для клинкерных портландцементов водоудерживающая способность примерно в 1,45 раза выше их реальной водопотребности.

Это объясняет, почему какая либо оптимизация V/C , основанная на визуализации, ошибочна. Если Вы только заметили, что бетонная смесь отделяет воду, значит этой воды в ней больше нужного УЖЕ в полтора раза!

Но даже когда содержание воды в смеси ещё не вышло за пределы её водоудерживающей способности, происходит т.н. внутреннее водоотделение и седиментация. За счет естественного сближения заполнителей под воздействием силы тяжести, с одной стороны наблюдается положительный эффект – уплотнение заполнителей. Но с другой стороны, высвобождающаяся в результате вода, стремится тоже, куда то деться. Если позволяют условия, она устремляется вверх (вода легче всех остальных компонентов бетона, и в соответствии с законом Архимеда – всплывает) оставляя за собой микроканал капиллярной размерности. Под частицами заполнителя вода может задерживаться и скапливаться, образуя водные полости, переходящие в последующем в воздушные поры. Такие прослойки уменьшают площадь контакта цементного камня с заполнителем и ослабляют их взаимное сцепление. Эти же капиллярные ходы и полости, сообщаясь между собой, служат путями фильтрации воды сквозь бетон, т. е. способствуют повышению его водопроницаемости. Таким образом, из-за передвижения воды в бетонной смеси в период, предшествующий схватыванию, происходит неравномерное распределение ее в смеси, образование значительного количества капиллярных ходов и сообщающихся каналов. В этом заключается главная отрицательная роль избыточного содержания воды в смеси и связанных с этим процессов внутреннего водоотделения.

4.2 Влияние отдельных факторов на прочность бетонов.

В бетоноведении существует множество математических моделей увязывающих марочную прочность бетонов с различными внешними факторами – марочностью цемента, характеристиками заполнителей, рецептурами бетонов и условиями их приготовления и вызревания и т.д.

Но в каждой этой модели обязательно присутствует зависимость, описывающая прочность бетона от принятого В/Ц и степени гидратации цемента.

Если абстрагироваться от изменчивости внешних факторов, все эти мат. модели, в качестве регулируемых непосредственно изготовителем бетона параметров рассматривают, по сути, тоже всего только две переменные – степень гидратации цемента и водоцементное соотношение. Причем степень гидратации всегда стоит в числителе, а В/Ц – в знаменателе. В упрощённом виде подобную зависимость отражает формула вида:

$R_{28} = K * (\alpha / \beta)$ где:

K – комплексная **константа**, описывающая количественные и физические характеристики применённых материалов (гранулометрия и количество заполнителей, марочность и дозировка цемента и т.д.);

α - комплексная **переменная**, описывающая степень гидратации цемента;

β – комплексная **переменная**, описывающая принятое В/Ц

Иными словами, меняя **переменные**, можно влиять на конечную прочность бетона, при неизменных **константах**. Чем выше степень гидратации цемента и ниже водоцементное соотношение, тем более прочный бетон можно получить на тех же исходных материалах и при неизменном их соотношении.

4.2.1 Физическая сущность понятия "степень гидратации цемента".

В результате обобщения многочисленных данных о твердении бетонов в естественных условиях, получены следующие ориентировочные коэффициенты, характеризующие прочность в разные сроки твердения по сравнению с прочностью через 28 суток:

3 сут. 0.35

7 сут. 0.65

28 сут. 1.0

90 сут. 1.25

180 сут. 1.4

1 год 1.5

3-5 лет 1.7 – 1.8

10 лет 1.9

15-25 лет 2.0 – 2.25

Такой рост прочности характеризуется зависимостью близкой к логарифмической.

Уместен вопрос – А откуда возникает прирост прочности даже через годы, после приготовления и укладки бетона? Что его обеспечивает? И нельзя ли эту прочность, через несколько лет ставшую излишней, попытаться получить уже сразу, и тем самым сэкономить цемент?

При соприкосновении с влагой в цементе начинаются определённые химические реакции – он начинает гидратировать. Продукты гидратации отделяются в раствор и являются тем клеем, который и соединяет все воедино.

Гидратация идёт направленно – от края цементного зерна к его центру. На определённом этапе каждое зерно цемента покрывается коркой этих гидратных новообразований. Эта корка достаточно плотная. Она препятствует проникновению влаги вглубь зерна цемента, и соответственно вступлению в реакцию с водой глубинных его слоёв. Получается, что часть цемента описанным выше процессом как бы выключается из формирования цементного клея. Эти не прореагировавшие зерна цемента остаются в бетоне уже не в качестве вяжущего, а в качестве микронаполнителя. Их так и называли – "микробетон".

В результате получается, что в каждой бетонной конструкции значительная часть цемента попросту законсервирована. По мере проникновения атмосферной влаги, всё новые и новые порции цементного клея выделяются в бетон – это и обеспечивает последующий набор прочности.

Практически всегда прочность бетона оценивается по его, так называемой, марочной прочности – через 28 суток. В соответствии с полученными показателями именно по истечении этого срока и нормируется его эксплуатационные показатели. Конечно, через время он станет намного прочнее, но воспринимать запроектированное эксплуатационное нагружение он должен уже сразу.

Весьма заманчиво тот запас потенциальной "законсервированной" прочности, который реализуется самостоятельно, но через несколько лет, попытаться получить сразу – в эти 28 суток. Насколько это удалось и характеризует показатель степени гидратации цемента.

4.2.2 Физическая сущность понятия "В/Ц".

Взаимодействие портландцемента с водой приводит к образованию новых веществ, которые и обуславливают схватывание и твердение цементного теста, растворной или бетонной смеси. Состав новообразований зависит как от химического и минералогического состава цементов, так и от ряда внешних факторов. И в первую очередь от соотношения участвующих в реакции веществ и условий протекания хим. реакции (температура, влажность, давление).

Со стороны инициатора начала хим. реакций один представитель – вода.

А вот другую сторону представляет целый комплекс химических соединений, в обобщённом виде называемый – клинкерная часть цемента. Его примерный состав следующий (%):

Алит (C_3S) 45 – 60

Белит (C_2S) 10 – 30

Трехкальциевый алюминат (C_3A) 5 - 12

Алюмоферит (C_4AF) 10 – 20

Стекловидная фаза 5 – 15

Окиси кальция и магния ($CaO + MgO$) 1 - 5

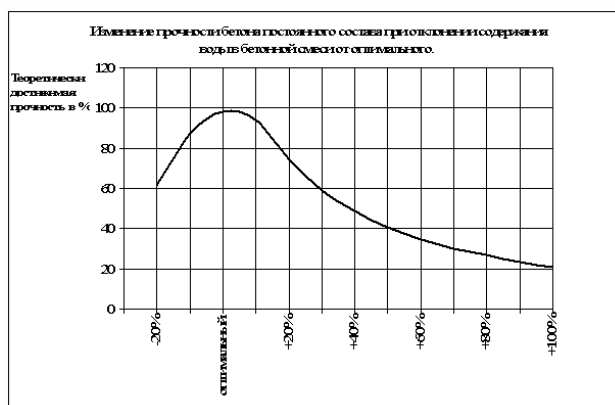
Свободные щелочи ($Na_2O + K_2O$) до 1

Даже простое перечисление самых значимых составляющих цемента не является побудительным мотивом к более глубокому проникновению в суть явлений, которые начинаются при их соединении с водой. Тем более что у меня самого, имеется стойкая убежденность, что несколько сот страниц зубодробительного описания как всё ЭТО реагирует с водой и между собой, хоть кто-то толком знает и понимает. Во всяком случае, теоретических моделей, описывающих суть происходящего несколько. Они последовательно развиваются во времени и являются предметом непрестанных дискуссий в среде академической бетоноведческой профессуры. Исходя из принципа разумной достаточности, ограничусь в описании этих процессов всего парой абзацев.

В начальный период формирования структуры цементного камня цементное тесто представляет собой концентрированную суспензию (пасту). Она состоит из цементных зёрен, окружённых водой затворения. Чем больше начальное водоцементное соотношение, тем при равных условиях толще водные прослойки, окружающие цементные зерна. Вода затворения в цементном тесте образует систему взаимосвязанных капиллярных пор, беспорядочно распределённых по всему объёму цементного камня.

В результате гидратации цемента образуются новые соединения – т.н. гидратные новообразования. Их объём примерно в 2.2 раза больше абсолютного объёма негидратировавшего цемента. Участвуя в химической реакции, вода расходуется на гидратацию цемента, а высвободившееся место заполняют образующиеся гидратные новообразования – идёт встречный процесс. Начиная с определенных соотношений ($V/Ц > 0.22 - 0.28$), цемента уже не хватает на полное химическое связывание воды – она остаётся в толще цементного камня и формирует его микропористость.

При дальнейшем увеличении водоцементного соотношения ($V/Ц > 0.65$) оставшиеся микропоры и капилляры уже настолько протяжённые и разветвленные, что становятся сообщающимися между собой. Цементный камень с таким строением порового пространства характеризуется не только низкой прочностью (см. Рис. 1), но и высокой водопроницаемостью и плохой морозостойкостью



Подытоживая:

В обобщенном варианте можно как ориентир, принять, что каждый лишний процент воды, сверх обеспечивающей водопотребность цемента, снижает прочность на 1 - 3%, а такой эксплуатационный показатель как морозостойкость – на 5 - 15%.

Использованная литература.

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. 1987 г.
2. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества, 1986 г.
3. Файнер М.Ш. Новые закономерности в бетоне и их практическое приложение, 2001 г.
4. Шейкин А.Е. Структура, прочность и трещиностойкость цементного камня, 1974 г.
5. Шейкин А.Е., Чеховский Ю.В., Бруссер М.И. Структура и свойства цементных бетонов, 1979 г.

Часть 5 Механизм действия добавок специальных ПАВ на бетонные композиции

Современные качественные бетоны просто немыслимы без модифицирующих добавок. Особенно это касается бетонов специальных, к которым смело можно причислить и пенобетоны. Степень успешности его производства всецело зависит, как от номенклатуры применяемых химических добавок-модификаторов, так и, в ещё большей степени, от правильного понимания механизма их действия.

Если проводить аналогии, то хим. добавки в технологии бетонов это как специи в кулинарии. Маленькая щепотка способна полностью преобразить вкус блюда, причем с диаметрально противоположным результатом. Ц Всё зависит от мастерства кулинара.

Продолжая аналогии можно с абсолютной уверенностью утверждать, что заморские бетонные снадобья ничуть не лучше и не хуже отечественных Ц растут то на одной грядке, - ещё Менделеев её окучил. И вкус имеют абсолютно одинаковый, только названия разные. На манипулировании именно степенью УкрасивостиФ и УзавлекательностиФ названия построен весь мировой бизнес продаж хим. добавок для бетонов. А степень соответствия их декларируемой эффективности фактической, всецело зависит от уровня УраскрученностиФ брэнда фирмы-производителя, степени бесстыдства рекламного сопровождения и уровня его финансового обеспечения.

Чтобы разобраться в сути проблемы, хотя бы на начальном уровне, требуются некоторые интеллектуальные усилия. Они с лихвой окупятся при первом же их практическом применении. Учитывая, что данная тема достаточно сложна для непрофессионального восприятия (- А кто говорил, что делать **качественный** пенобетон просто?) я постарался её изложить в максимально доходчивой интерпретации. Порой это становилось возможным только путём умышленного упрощения сути явлений, либо столь же умышленного ограничения объёма повествования (сольватные оболочки, например я, вообще даже не трогал). Прошу меня в том сильно не винить, а за дополнительной информацией обращаться к первоисточникам (см. Список рекомендованной литературы).

5.1 Структура бетонной смеси.

Как известно вода является инициатором начала химических реакций, в результате которых вяжущее (цемент) превращается в изделие (цементный бетон). И хотя эти химические реакции идут достаточно быстро, всё равно существует некий индукционный период, в течении которого их можно ещё не учитывать. Именно в этот момент происходит приготовление, транспортировка и укладка бетона. На степень успешности и результативности этих процессов влияет ряд технологических факторов. И в первую очередь степень подвижности полученного бетона.

Взаимодействие между твердыми частицами бетонной смеси всецело определяется наличием в ней жидкой среды Ц воды. Только после её добавления к сухим цементу и заполнителю, полученный конгломерат получает структуру и свойства, присущие бетонной смеси. Силы взаимодействия между твердыми частицами бетонной смеси имеют различную физическую природу, в основном зависящую от:

- размеров частиц;
- объема в системе жидкой фазы (воды);
- величины поверхностного натяжения жидкой фазы (наличие в воде ПАВ);
- физической природы жидкой фазы (свободная, капиллярная, сольватная вода);
- наличия в жидкой фазе ионов других веществ.

Зерна крупного заполнителя Ц песка или щебня, и пустоты между ними достаточно велики. Их удельная поверхность мала, расстояния между ними тоже сравнительно большие. Поэтому влияние на них поверхностных сил ничтожно - его мы учитывать не будем. С уменьшением размера частиц (до 1.0 Ц 0.1 мм) возникают силы, обусловленные капиллярной природой и притягивающие такие частички друг к другу. Именно проявление этих сил обуславливает связность бетонной смеси.

На частицы размером 0.1 Ц 0.002 мм воздействуют уже силы поверхностного взаимодействия Ц т.н. флокуляционные силы. Их суть в следующем. На поверхности кристаллических материалов, к которым относятся материалы твердой фазы бетонной смеси (цемент, тонкодисперсные добавки и др.), обычно всегда существуют электрические заряды. На углах и рёбрах кристаллов эти заряды концентрируются. Вследствие притяжения разноимённых зарядов формируются т.н. флоккулы (см. Рис 1) - мелкие частички цемента группируются в более крупные сгустки.

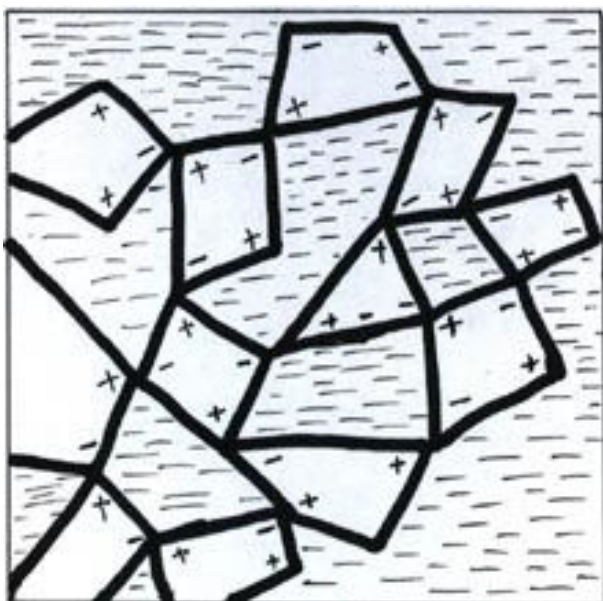


Рис. 1 Схема образований флоккул цемента в воде под воздействием электрических сил.

Объём пор во флоккулах хоть и достаточно большой, но заполнившей его воды всё равно недостаточно для обеспечения полной гидратации сопредельных зерен цемента. Вода, защемлённая в флоккулах неподвижна. Её приток извне или наружу практически прекращается. Ситуацию усугубляет и то, что продукты начавшей гидратации цемента еще более закупоривают внутренние каналы.

В натурном выражении этот процесс выливается в то, что самые мелкие и, следовательно, самые реакционно-способные частички цемента, которые должны были обеспечить быстрый набор прочности, сбиваются в сгустки Ц флоккулы. Они реагируют с водой в основном только по своей наружной поверхности. Внутри запасы воды быстро истощаются и прочностной потенциал цемента оказывается наглухо замурованным на несколько лет, а то и десятилетий, пока атмосферная влага всё же не доберётся вовнутрь этих флоккул.

Если проанализировать под микроскопом зерновой состав цементных частиц, то можно отчетливо наблюдать, что он очень укрупняется в водной среде. Даже тонкомолотые быстротвердеющие цементы с преобладанием частиц меньше 20 микрон в водной среде агрегируются в более крупные сгустки-флокулы. Добавка всего 0.3 Ц 0.7% серпластификатора С-3 практически полностью снимает эту проблему (см. Рис 2).

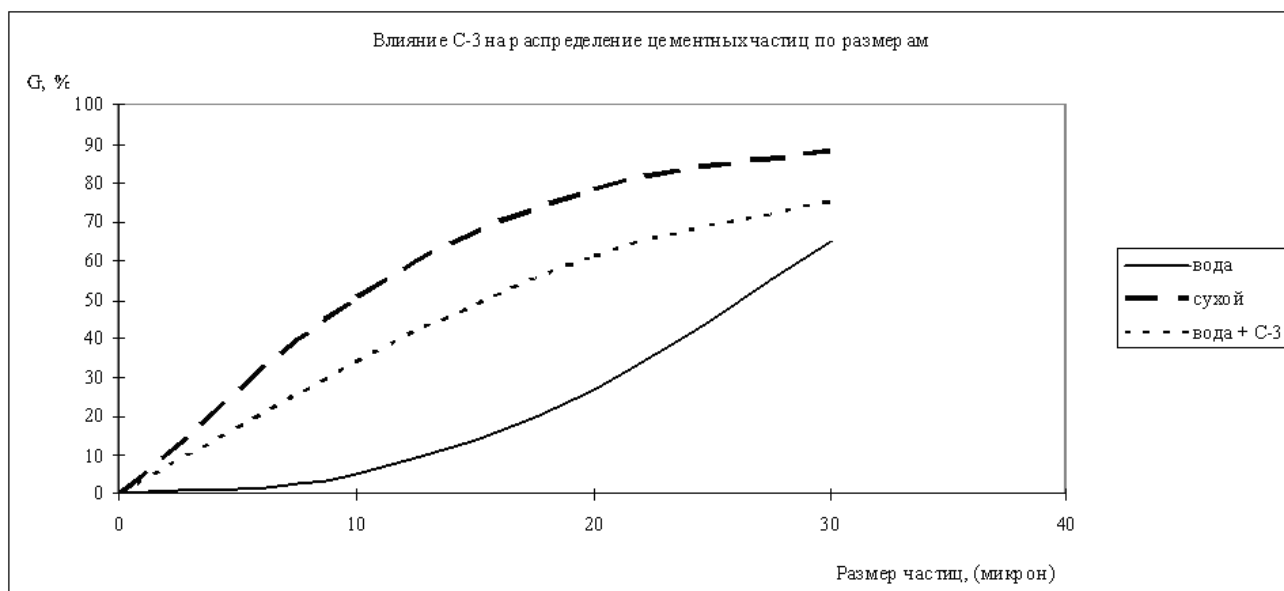


Рис. 2: Распределение частиц цемента по размерам

Кроме того, ущемлённая во флокулах вода уже не участвует в формировании подвижной структуры бетонной композиции. Именно на стадии приготовления и укладки, когда пластичность бетонной смеси является определяющей технологической характеристикой, мы вынуждены компенсировать потерю, добавляя т.н. Улишнюю воду. Своё пагубное влияние на прочностные характеристики она проявит потом, когда завершатся химические реакции.

Особенно сильно этот эффект сказывается на тонкомолотых высокомарочных цементах, которые, в основном, и применяются при производстве пенобетонов. Мало того что их потенциальный быстротвердеющий эффект практически нивелируется флокулизацией и агрегатированием самых Улакомых тонкомолотых частичек, так еще и увеличивающаяся водопотребность, для получения теста нормальной густоты отбирает конечную прочность.

Если при изготовлении пенобетонной смеси не повышать её пластичность (как правило, это абсолютно не нужно) а при помощи пластификаторов снижать В/Ц, можно достичь очень ярко выраженного эффекта ускоренного набора прочности (см. Рис. 3). По своей эффективности данный метод даже предпочтительней применению ускорителей.

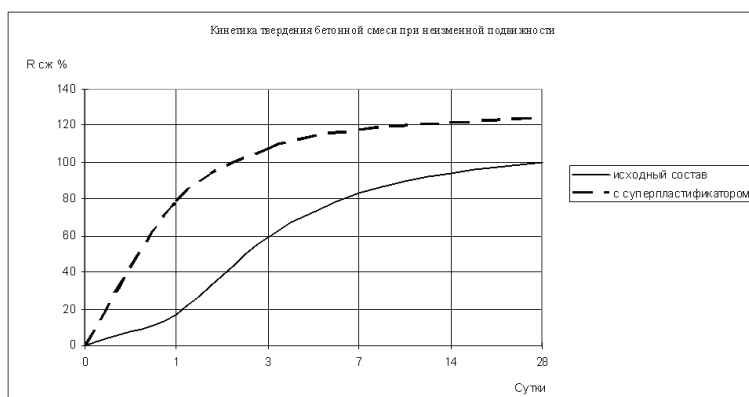


Рис. 3. Кинетика набора прочности бетона при неизменной подвижности

5.2 Способы модификации цементного камня

Поверхности твёрдых тел обладают некоторыми некомпенсированными молекулярными силами. При соприкосновении твёрдого тела с водой, эти силы способны проявить себя. Молекулы воды, обладающие значительным дипольным моментом, в зоне этих силовых полей ориентируются определённым образом, упорядочиваются и уплотняются. Создаётся местная концентрация молекул воды вблизи поверхности твёрдого тела Ц адсорбция.

Все явления молекулярного порядка, обладают просто гигантскими проявлениями. И адсорбционные здесь не исключение Ц плёнки адсорбированной воды хоть и очень тонки, порядка 0.09 микрона, тем не менее, в результате проявления этих молекулярных сил, настолько видоизменяют саму физическую сущность воды, что её еже следует рассматривать не как жидкость, а как твёрдое тело.

С удалением от твёрдой поверхности воздействие молекулярных сил уменьшается. Но вследствие полярности молекул воды, формируются ориентированные цепочки в несколько десятков или сотен молекул, уходящих вглубь жидкой фазы. Длина таких цепочек зависит как от свойств поверхности твёрдого тела, так и от химических процессов сопровождающих гидратацию цемента и насыщающих жидкую фазу ионами веществ, составляющих цемент. Толщина слоя такой ориентированной воды, во многих отношениях потерявшей свойства обычной жидкости, составляет до 0.15 микрона.

Хотя в обычном понимании столь тонкую плёнку даже трудно себе представить, для молекул, её составляющих, это огромнейшие расстояния. По мере удаления от поверхности твёрдого тела, на все последующие слои молекул воды адсорбционные эффекты оказывают все меньшее влияние. Вплоть до их полного прекращения Ц и тогда вода опять становится жидкостью, в традиционном понимании.

Но наиболее сильно адгезионные силы проявляются между первыми двумя слоями молекул воды, наиболее близкими к поверхности твердого тела. Проявление именно этих адсорбционных (и хемсорбционных) сил выражено через электрокинетический потенциал взаимодействующих молекул и называют ξ (дзета) потенциалом. Он оказывает большое влияние на устойчивость коллоидных систем (гидратирующий цемент Ц типичный представитель таких систем).

Не хочется утомлять читателя излишними научными подробностями, но обойти такую важную характеристику, как дзета-потенциал, не то, что не могу Ц не имею права. Здесь Уили-илиФ. Или Вы еще раз перечитаете пару предыдущих абзацев, и, хотя бы в общем представлении, уясните суть явления, или Е. или качественного пенобетона Вам не удастся сделать никогда. К тому же сама возможность, при удобном случае, оттенить светскую беседу академической терминологией весьма положительно скажется на Вашем имидже. В любом случае, пока жена переваривает загадочное: УМой дзета-потенциал на сегодня ограничен Ц вот допью пиво и баинькиФ, обычно успеваешь выпить не одну, а целых две!!! бутылки в абсолютной тишине.

Абсолютное же значение дзэта потенциала и его знак зависят от природы твёрдого вещества и от свойств жидкости, его окружающей. Зерна цемента в воде адсорбируют ионы Ca^{++} , и их поверхность приобретает положительный дзэта потенциал ($\xi = +11$ мВ). При большом В/Ц величина и знак дзэта-потенциала особой роли не играет. Ц частицы цемента достаточно разобщены водой, и находятся на таком расстоянии друг от друга, что их флокуляция (сбивание в сгустки) ещё не инициируется электрическими силами. Для получения качественного и прочного цементного камня В/Ц нужно обязательно понижать (см. предыдущую рассылку). Уменьшая количество воды в системе, мы тем самым, сближаем частички цемента. На определённом этапе они настолько сблизятся, что их разноимённо заряженные фрагменты уже начнут притягиваться друг к другу. Ц происходит их коагуляция (флокуляция), которая в конечном итоге ведет к снижению подвижности бетонной смеси. Получается замкнутый круг. Увеличивая количество воды затворения - мы повышаем подвижность бетонной смеси, но снижаем её прочность. Снижая количество воды, получаем потенциально прочную, но жесткую и малоподвижную смесь, которую просто невозможно использовать в дело.

Для увеличения подвижности бетонной смеси при малом В/Ц необходимо флокулообразующие силы постараться каким либо образом уменьшить. А если это не удастся в полной мере, то постараться образовавшиеся флоккулы-сгустки хотя бы раздробить. А еще лучше совместить оба этих процесса.

Для механического разобращения флоккул используют высокоскоростное перемешивание, вибрирование, электрогидравлические эффекты и т.д. (Описанный ранее в рассылке цепной активатор, собственно говоря, этим и занимается. Он, по большому счету, ничего не активирует. Ц Просто разбивает крупные флоккулы, на более мелкие, и интенсифицирует их гидратацию. И, тем не менее, даже такое элементарно реализуемое технологическое мероприятие, способно принести ощутимый прирост прочности пенобетона и снижение его усадки).

Есть и другое решение Ц направленно управлять величиной электрических сил участвующих в процессе. Самое простое решение Ц введение в бетон инертных заполнителей ультрамелкой (менее 10 микрон) размерности с дзэта потенциалом отличным от нуля. Ц зола-унос прекрасно для этого подходит.

Другой способ Ц насыщение цементного камня воздушными пузырьками. Они будут механически раздвигать зерна цемента, не допуская их опасного сближения на дистанцию досягаемости электрических сил. В приложении к пенобетонам, которые и так имеют воздушные поры, следует оговорить, что помимо крупных пузырьков, собственно и формирующих ячеистую структуру, весьма желательны еще и мелкие пузырьки. (Ранее этот аспект проблемы был рассмотрен в связи с дву模альной пористостью ячеистых бетонов, а натурно он реализован в технологии вибровспученных пенно-газо-золо-бетонов).

И третий способ, наиболее эффективный, использование специальных поверхностно активных веществ (ПАВ). Это химические соединения коллоидной размерности, имеющие полярное строение. Адсорбируясь на частицах цемента, они способствуют созданию на их поверхности одноимённого электрического заряда, выражающегося в изменении электрокинетического дзэта-потенциала. Это способствует дефлокуляции (пептизации) цементных частиц и их стабилизации в цементном тесте за счет действия электрических сил отталкивания (сферический эффект). Чем сильнее меняется дзэта-потенциал, тем выраженнее эффекты диспергации цементных частиц.

5.3 Добавки модифицирующие цементный камень путём оптимизации В/Ц

Пластификаторы, применяемые в технологии бетонов, делятся на четыре группы Ц по степени эффективности. Хотя формальное деление происходит по способности пластифицировать бетонную смесь (см. Таблица 1), немаловажны также и дополнительные эффекты - доступность, легкость хранения и применения, совместимость с другими модификаторами, цена и т.д. Всё это обуславливает их специализированную и порой достаточно узкую область применения.

Таблица 1

И хотя пластификаторы 2, 3 и 4 групп эффективности имеют четкую принадлежность к своему классу в зависимости от способности пластифицировать бетонную смесь, на деле эта градация, порой, весьма условна. В зависимости от дозировки, условий применения, использованных рецептур бетона, наличия побочных примесей и т.д. они УкочуютФ из группы в группу. Некоторые особо удачливые, при определённых условиях способны даже посягнуть на приставку УСупер -Ф - но повествование подобного плана выходит за рамки темы данной рассылки.

Согласно нашей классификации существует отдельный, но цельный класс добавок Ц пластификаторы. Отечественная наука допускает более расширенное толкование этого термина путём приставок УСупер-Ф и УГипер-Ф. В западном бетоноведении УприжилисьФ названия, более детально квалифицирующие суть происходящих явлений Ц водопонизители и диспергаторы. Хотя и это деление нельзя назвать исчерпывающе полным, оно всё-таки более точно характеризует область применения пластификаторов сообразно их основному эффекту.

Отечественная и зарубежная практика применения пластификаторов насчитывает уже более 60 лет. Этапы развития прикладного бетоноведения во многом согласуются с изобретением тех или иных пластификаторов (см. Таблица 2). А получение современных высокопрочных (HSC Ц High Strenght Concrete), особовысокопрочных (Ultra HSC), высокофункциональных (HPC Ц Higt Performance Concrete), самоуплотняющихся (SCC Ц Self-compacting concrete), особопрочных легких (HSLWC-High Strength Lightweight Concrete) и т.д. бетонов просто невозможно без подобного рода модификаторов.

Таблица 2

Год открытия	Тип пластификатора по химическому составу	Символ западной классификации	Снижение водосодержания, %
1939	Лигносульфат	LS	5 Ц 15
1960	Сульфированный меламинформальдегид	MSD	5 Ц 25
1932	Сульфированный нафталинформальдегид	NSF	15 Ц 25
1993	Поликарбоксилан	PA	20 Ц 30
1997	Ёфир поликарбоксилановый	PAE	25 Ц 40
1997	Сополимер акриловый	CAE	25 - 45

5.3.1 Пластификаторы 1 группы эффективности Ц Суперпластификаторы.

Особое место в модификации бетонов заняли суперпластификаторы. Ёто длинноцепочные полимеры с очень большим количеством полярных групп в цепи. Длинная углеводородная цепь и большая молекулярная масса способствуют их высокой адгезии на зёрнах цемента. Благодаря этому электрокинетический дзета-потенциал изменяется от $\xi = +11$ мв до $\xi = -25$ Е - 35 мв, что способствует повышенной диспергации и взаимному отталкиванию частиц цемента. Размер молекул суперпластификаторов составляет несколько нанометров, что позволяет плёнке таких молекул перекрыть микронеровности на поверхности частиц цемента и создаёт лучшие условия для уменьшения сил, связанных с внутренним трением частиц в потоке.

Суперпластификаторы позволяют резко повысить подвижность бетонной смеси без увеличения её водосодержания Ц это очень важно для укладки бетона по т.н. литевой технологии. Типичный пример такого способа ведения работ Ц монолитное домостроение, столь популярное в последнее время во всём мире.

Если повышенная пластичность и подвижность не нужны, либо излишни, либо не регламентируются технологией ведения работ (производство пенобетона типичный пример) Ц применение суперпластификаторов позволяет уменьшением воды затворения минимизировать В/Ц, в плотную

приближая его к оптимальным показателям. При прочих равных условиях это дает 20 Ц 50% прирост прочности.

С помощью суперпластификаторов возможно также и экономить цемент Ц изымать ту его долю, которая в бетонах исполняет роль не носителя прочности, а тривиальнейшего смазочного реагента. Экономическая целесообразность подобной УэкономииФ в тяжёлых бетонах весьма сомнительна Ц суперпластификаторы сравнительно дороги. И во всем мире никто, таким образом, цемент не экономит. Но если минимизация цемента в бетонной матрице преследует иные цели, например снижение усадочных явлений в цементном камне и повышение трещиностойкости изделий, как в пенобетонах, - данный аспект применения суперпластификаторов требует всяческого распространения.

Один из недостатков суперпластификаторов заключается в зависимости их эффективности от минералогии цемента. Для высокоалюминатных цементов ($C_3A > 6$) для достижения аналогичного эффекта требуются большие их дозировки, чем для низкоалюминатных. Если сильно не вдаваться в УЕ.адсорбционную способность коагуляционных структур высокодисперсных гидроалюминатных новообразований ЕФ проблема излечима. Нужно только перед введением суперпластификатора обеспечить начальную гидратацию цемента. Попросту говоря обеспечить раздельное введение: - Сначала бетонная смесь некоторое время (1 Ц 2 минуты) перемешивается просто с водой, и только потом к ней добавляется суперпластификатор. Подобным нехитрым приёмом удастся экономить 15 Ц 20% суперпластификатора.

Главный же недостаток суперпластификаторов Ц низкая УживучестьФ бетонной смеси. Высокий пластифицирующий эффект всего через 30 Ц 40 минут значительно снижается. Сделать высококачественный бетон с их помощью достаточно просто, но вот сохранить его подвижность в процессе транспортировки до момента укладки в дело Ц сложно. Это обусловило всё большую популярность новых видов пластификаторов, т.н. карбоцепных (уже прижилось их название Ц Гиперпластификаторы), которые лишены этого недостатка. Но, рассматривая проблему в аспекте применимости пластификаторов именно в технологии пенобетонов, этот главный недостаток оборачивается не минусом, а, скорее, плюсом.

В среднем применение суперпластификаторов в монолитных конструкциях позволяет снизить трудозатраты не менее чем на 1 Ц 1.5 чел.-ч/м³ бетона при одновременном существенном повышении эксплуатационных характеристик бетонных изделий и конструкций. Всё вместе это обеспечило повсеместное и массовое их применение в индустриальном строительстве. Трудно назвать ещё хоть одну строительную химическую добавку, которой бы было уделено столько внимания, как производителями, так и учеными-бетоноведами.

Строительное законодательство практически всех постсоветских стран разрешает на официальном уровне следующие суперпластификаторы, разработанные и производимые еще при Советском Союзе:

1. Суперпластификатор С-3 Ц добавка на основе натриевых солей продукта конденсации нафталинсульфокислоты и формальдегида. Жидкость темно-коричневого цвета плотностью 1,15...1,20 г/см³ или не слеживающийся темно-коричневый, легко растворимый в воде, порошок. Не имеет запаха, не выделяет при хранении вредных газов и паров, малотоксичен. Растворы пожаро- и взрывобезопасны. Водные растворы С-3 не изменяют своих свойств при нагревании до +85 °С и замораживании до -40 °С. Гарантийный срок хранения 1 год. Производится Новомосковским ПО УОргсинтезФ.

2. Суперпластификатор Дофен (ДФ, С-4) Ц добавка, получаемая на основе продуктов конденсации сульфокислот нафталена, его производных и аналогов с формальдегидом с использованием моечных кислот Ч отходов производства очищенных сортов нафталена. Представляет собой жидкость темно-коричневого цвета (допускается осадок), плотность 1,15...1,20 г/см³, пожаро- и взрывобезопасна. Гарантийный срок хранения 1 год. Производится фенольным заводом г. Дзержинск, Донецкая обл.)

3. Суперпластификатор 10-03 - олигомерный продукт поликонденсации сульфированного триметилполмеламина. Представляет собой прозрачную желтоватую слегка опалесцирующую жидкость плотностью 1,101 г/см³ (допускается осадок). Негорюч, пожаро- и взрывобезопасен,

малотоксичен. Гарантийный срок хранения 6 мес. в сухих помещениях в герметично закрытой таре. Воздействие прямых солнечных лучей не допускается.

4. Суперпластификатор МФ-АР - меламиноформальдегидная анионоактивная смола. Продукт поликонденсации меламина, формальдегида и сульфанилата натрия. Представляет собой прозрачную, желтоватую жидкость (с небольшим количеством взвеси) плотностью 1,08...1,12 г/см³.

Не изменяет своих свойств при температуре от 450 °С до +35 °С. Хранится в герметично закрытой таре, защищенной от действия солнечных лучей. Раствор негорюч, пожаро-, взрывобезопасен, малотоксичен.

5. Суперпластификатор 40-03 Ч смесь натриевых солей продуктов поликонденсации с формальдегидом сульфированных ароматических углеводов, выделяемых при каталитическом крекинге и пиролизе нефтепродуктов. Представляет собой 20 %-й водный раствор плотностью 1,05...1,20 г/см³ (допускается осадок). Хранится в закрытом помещении при температуре не ниже 45°С с гарантией в течение трех месяцев.

6. Суперпластификатор СМФ Ч смесь полимерных соединений разной молекулярной массы, получаемая при конденсации сульфокислот нафталина и П-фенолсульфокислоты с формальдегидом, нейтрализованная едким натром. Представляет собой водный раствор коричневого цвета плотностью 1,15...1,2 г/см³. Пожаро- и взрывобезопасен. Гарантийный срок хранения 1 год.

Испытанием временем выдержали, и УдожилиФ до нынешних времён фактически всего два Суперпластификатора. В России производится Ц С-3, на Украине Ц УДофенФ. Оба на основе сульфированных нафталинформальдегидов.

Хотя, по правде говоря, украинская строительная индустрия, в большинстве своём, ориентирована всё-же на российский С-3. Причин тому несколько. Но главное Ц качество. Если российское производство изначально было запроектировано таким образом, что получение суперпластификатора Ц конечная цепочка техпроцесса, то украинское Ц как способ грамотной утилизации отходов основного производства. Продукт, полученный на основе специально закупленного сырья, прошедшего строгий входной контроль, конечно-же будет превосходить по качеству аналогичный, но изготовленный из отходов с плавящимиФ характеристиками.

Между тем, в своё время, были предприняты попытки районировать производство суперпластификаторов. В качестве типового, была реализована технологическая схема производства отработанного и проверенного С-3. Достаточно серьезные производственные мощности были отстроены практически во всех республиках бывшего СССР. Их запуск пришелся на начало развала страны. В связи со значительным снижением объёмов строительного производства, последовавшим за этим, их продукция вскоре стала никому не нужна, и технологические линии были перепрофилированы, пришли в негодность либо вообще Ц порезаны в металлолом.

Подъём строительной индустрии заставил по-новому взглянуть и на производство суперпластификаторов. Использование аналогичных импортных составов не регламентировано строительным законодательством на уровне официальных разрешительных документов. (Продавцы зарубежных добавок весьма ловко обходят сей факт, предпочитая на эту тему особо не распространяться. Но ни один проектировщик или грамотный строитель не возьмется нести на себе груз ответственности, вплоть до уголовной, весь гарантийный срок эксплуатации здания или сооружения, в случае применения или УзапроектированияФ не гостированных добавок).

В самое ближайшее время на рынке отечественных суперпластификаторов намечаются серьёзные подвижки. На монопольность российского С-3 замахнулись украинские производители. Причем не какая то отдельно взятая коммерческая структура, а очень солидное и уважаемое предприятия с двухвековой историей, самым своим названием свидетельствующее, что за дело взялись на государственном уровне Ц УПервый казённый химический заводФ (само название знающим людям о многом скажет). Запуск линии по выпуску товарного украинского С-3 (пока только в жидком виде)

должен состояться нынешней весной - была использована еще советская технологическая линия, бездействовавшая до поры. Если учесть, что на этом же предприятии производится и ещё несколько строительных добавок (пластификатор 2 группы эффективности, противоморозная добавка и ускоритель-уплотнитель) а поблизости находится единственный в Украине производитель гидрофобизаторов - вырисовывается весьма интересная перспектива получения на постсоветском пространстве мощного, крупнотоннажного производителя полифункциональных строительных добавок мирового уровня эффективности. Во всяком случае, так хочется в это веритьЕ

И пусть россиян (белорусов, казахов и т.д.) не смущают границы и таможни. Ушлые хохлы пролезут в любую щелку, вернее уже давно пролезли Ц только одно украинское предприятие уже сейчас выпускает до 3000 тн. простейших хим. добавок в месяц, большая часть которых прямоком отправляются выполнять строительные программы столичным Укрепким хозяйственникамФ. А уж полифункциональные составы, незаменимые в современном строительстве, да ещё и официально разрешённые на законодательном уровне Ц с руками оторвут.

Весьма интересная, можно сказать даже эпохальная, ситуация разворачивается на рынке строительных хим. добавок и в вопросах формирования их цены. Недавние аварийные обрушения в Украине и совсем свежие Московские события ещё раз всколыхнули общественное мнение в вопросах надёжности и долговечности строительных объектов. Проблема эта существовала всегда. С завидной регулярностью здания и сооружения рушатся постоянно. И не только у нас, и не только сейчас. В СССР, например, даже ежегодно издавался цикл УАварии в строительствеФ. Каждый год по несколько ярко красных книжечек Ц в одну не помещались все, даже самые крупные, случаи. Головоотяпство, преступная халатность, ошибки проектирования и строительства, форс-мажорные обстоятельства неизменные спутники любого вида человеческой деятельности. И строительная индустрия здесь Ц не исключение. Но если раньше огрехи строительства становились предметом рассмотрения узких специалистов Ц не допустить повторения, то сейчас Ц механизмом формирования общественного мнения. Или инструментом сведения счетов в конкурентной борьбе.

То, что на рынке хим. добавок ведётся ожесточённая и нешуточная борьба Ц для специалистов не секрет. Украинская ситуация в этом вопросе весьма показательна: концентрация хим. производств и их потенциал по производству строительных хим. добавок значительно опережают уровень внутреннего потребления. Поэтому Утолкание локтямиФ между производителями зачастую переходит рамки разумной достаточности - Уподвесить фендель под глазФ конкуренту посредством газетной публикации, - в порядке вещей. Общественное мнение, не посвящённое в предысторию подковёрной борьбы и абсолютно не подготовленное к восприятию узко специализированной технической информации, тем не менее, становится на дыбы Ц УДоколе? Кто виноват? Что делать?Ф. Грамотно взбудораженное и умело направленное общественное мнение, на Украине, например, уже оформилось в директивное указание Госстроя: У Е - усилить контроль за использованием хим. добавок, применение которых не регламентировано должным образом ЕФ. Иными словами на пути импортной экспансии поставлен еще один барьер Ц защита отечественного товаропроизводителя в действии.

Все вышеперечисленное однозначно свидетельствует Ц в ближайшее время начнётся (если уже не начался) серьезный передел ранка строительных хим. добавок. В него будут вовлечены как отечественные, так и зарубежные производители. Соперники разной весовой категории. Слабые рано или поздно начнут бить ниже пояса Ц демпинговать. И строительная индустрия, хоть на короткий срок, сможет вкусить все прелести современных строительных модификаторов по бросовым ценам.

Список использованной и рекомендуемой литературы.

1. Афанасьев Н.Ф., Целуйко М.К. Добавки в бетоны и растворы. 1989 г.
2. Баженов ё.М. Технология бетона. 1987 г.
3. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. 1990 г.
4. Бетоны с эффективными суперпластификаторами. 1979 г.
5. Большаков В.И., Головки А.И., Коваль А.В., Мустафин ё.И., Щербак С.А. Структурообразование силикатных систем. 2000 г.
6. Большаков В.И., Грибкова Т.Е., Гринев ё.В. и др. Физико-химические параметры твердеющей

системы.//Перспективные задачи инженерной науки. Сборник научных трудов международной конференции. Выпуск 2. 2001 г.

7. Большаков В.И., Куличенко И.И., Мартыненко В.А., Бурейко С.В. Эффективность производства и использования ячеистого бетона в современном строительстве.// Перспективные задачи инженерной науки. Сборник научных трудов международной конференции. Выпуск 2. 2001 г.

8. Бутт ё.М., Беркович Т.М. Вяжущие вещества с поверхностно-активными добавками. 1953 г.

9. Вавржин Ф., Крчма Р. Химические добавки в строительстве. 1984 г.

10. Вагнер Г.Р. Физико-химия активации цементных дисперсий. 1980 г.

11. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества. 1986 г.

12. Гидрофобный цемент и гидрофобно-пластифицирующие добавки в бетонах и растворах. 1953 г.

13. ДБН В.2.7-64-97 Правила применения химических добавок в бетонах и строительных растворах. 1999 г.

14. Дворкин Л.И., Кизима В.П. Эффективные литые бетоны. 1986 г.

15. Добавки в бетон. Справочное пособие под ред. Рамачандран В.С. 1988 г.

16. Духин С.С. Электропроводность и электрокинетические свойства дисперсных систем. 1975 г.

17. Коваль С.В. Повышение эффективности использования добавок в технологии бетона на основе моделирования и компьютерного поиска оптимальных рецептур.//Строительные материалы и изделия. 2003 г. №3

18. Мартыненко В.А. Развитие технологии пенобетона неавтоклавного твердения в современных условиях.// Перспективные задачи инженерной науки. Сборник научных трудов международной конференции. Выпуск 2. 2001 г.

19. Моррисон С. Химическая физика поверхности твердого тела. 1980 г.

20. Мустафин ё.И., Селезень В.А. Электрокинетические характеристики бетонных смесей.//Технология и свойства цементных бетонов. 1983 г.

21. Нехорошев А.В., Цителаури Г.И., Хлебионен Е., Жадамбаа Ц. Ресурсосберегающие технологии керамики, силикатов и бетонов. 1991 г.

22. Применение химических добавок в технологии бетона. 1980 г.

23. Ратинов В.Б., Иванов Ф.М. Химия в строительстве. 1977 г.

24. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон. 1989 г.

25. Сватовская Л.Б., Сычев М.М. Активированное твердение цементов. 1983 г.

26. Совершенствование технологии бетона за счет применения новых химических добавок. 1984 г.

27.Сорокер В.И. Пластифицированные растворы и бетоны. 1953 г.

28. Тюрина Т.Е., Гончикова Е.В. Особенности процессов гидратации золоцементных вяжущих с химическими добавками.//Исследование и применении химических добавок в бетонах. Сборник научных трудов. 1989 г.

29. Ухова Т.А., Усова Л.С. Применение комплексных добавок на основе суперпластификаторов в технологии ячеистых бетонов.//Бетоны с эффективными модифицирующими добавками. Сборник научных трудов. 1985 г.

30. Ушеров-Маршак А.В., Бабаевская Т.В., М. Циак Методологические аспекты современной технологии бетона.//Бетон и железобетон. 2001 г. №7

31. Чернышев ё.П., Козлова Л.А. Пластичный бетон. 1987 г.

32. Хигерович М.И., Байер В.Е. Гидрофобно-пластифицирующие добавки для цементов, растворов и бетонов. 1979 г.

33. Шейкин А.Е., Чеховский ё.М., Бруссер М.И. Структура и свойства цементных бетонов. 1979 г.

34. Шишкин А.А., Астахова Н.В. Активированные вяжущие вещества и бетоны на их основе. 2001 г.

Часть 6 Средства технологического сопровождения изготовления бетонных изделий.

Если отмежеваться от рецептурных проблем, производство бетонов достаточно просто. Нужно всего лишь в нужных пропорциях смешать ингредиенты. Специализированное оборудование поможет это сделать с той или иной степенью эффективности. Но если задаться целью, чтобы на входе было сырье, а на выходе некий продукт, пусть это будет пенобетон, - возникает потребность в комплексе оборудования, увязанного и согласованного между собой. Помимо основного оборудования в такой комплекс должны обязательно входить и вспомогательные механизмы, и комплексы. Средства по приемке и складированию компонентов, их транспортировки со склада к месту работ, и дозирования.

Если задаться целью создать именно такой законченный производственный комплекс (по сути, завод), окажется, что по стоимости он намного превосходит суммарную стоимость задействованного оборудования. Этот тезис подтверждает и практика Ц можно сравнительно дешево купить оборудование, но вот целостный комплекс из такого же оборудования, но увязанного между собой в единый тех. процесс, будет на порядок дороже. И дело здесь не только в этой самой УувязкеФ. Продавая единичный образец любого оборудования, производитель гарантирует исключительно его работоспособность - пеногенератор будет выдавать нужную пену, смеситель - смешивать, форма Ц формовать и т.д.

Продавая же законченный комплекс по производству того же ячеистого бетона, производитель обязан уже гарантировать не работоспособность единичного установленного оборудования, а работоспособность всего комплекса Ц т.е. его способность производить определенную продукцию, соответствующую заявленным характеристикам.

Наглядный пример такого подхода Ц сухие строительные смеси. В принципе их состав достаточно тривиален, а стоимость ингредиентов просто ничтожна, по сравнению со стоимостью конечного продукта. Так за что ж мы платим такие бешеные деньги, спросите Вы?

А платим мы за то, что производитель из, например Германии, гарантирует, что если в далекой России прочитают три строчки инструкции и сделают, как там написано, то тот же плиточный клей будет держать плитку прочно и долго. Причем, заметьте, никого не волнует несколько пьян был дядя Вася, этот клей замешивавший, как точно он дозировал воду, насколько тщательно все это перемешивал, и перемешивал ли вообще. Иными словами в данном случае производитель дает, по сути, гарантию не на свой товар, а на качество работы, выполненное с его помощью.

Как им это удастся? - А в составе того же плиточного клея, помимо действительно необходимых составляющих, имеется и целый комплекс добавок, обеспечивающих так называемую Узащиту от дуракаФ. В высококачественных сухих смесях таких добавок насчитывается до 30!!! При всем желании, Вам не дадут возможности грубо нарушить рецептуру или технологию ведения работ. Мало воды прилили (слишком малое В/Ц) Ц водоудерживающий реагент не отдает волю, - смесь абсолютно не липнет к основе. Много воды добавили (слишком большое В/Ц) Ц включился гиперпластификатор и скачкообразно повысил пластичность, - со стенки стекает, опять работать невозможно. УЗабылиФ прогрунтовать основу Ц полимер подстрахует. Жарко Ц замедлитель схватывания тут как тут. Холодно Ц ускоритель твердения наготове. Слишком тонким или толстым слоем нанесли Ц пластическая вязкость скачет, хош-не-хош специальную гребенку будешь использовать. И т.д. и т.д. и т.п. и т.п.

Но тот же плиточный клей можно изготовить и самостоятельно. И качество работы будет не хуже. Вот только Узащитой от дуракаФ должно выступить знание и соблюдение культуры производства.

Если ставить перед собой задачу максимально эффективного использования капитала при производстве ячеистых бетонов Ц следует не задумываясь покупать готовый целостный производственный комплекс. Его производители уже позаботились, что сразу после окончания монтажа, он начнет выпускать качественную продукцию в запланированном объеме. Но этот путь, хоть и максимально эффективен, но и столь же затратен. Стоимость тех же зарубежных заводов по производству ячеистых газосиликатов Ц несколько миллионов долларов.

Если предположить, что уровень технической грамотности позволяет отказаться от излишней перестраховки, либо финансовые возможности не позволяют воспользоваться ею в полной мере (что вернее) Ц имеет смысл попытаться скомпоновать имеющееся оборудование в целостный производственный комплекс. Одной из его составляющих обязательно должно стать оборудование по транспортировке ингредиентов. И в первую очередь цемента.

1. Оборудование по транспортированию цемента.

Если не рассматривать экзотические схемы, то все оборудование, используемое для транспортировки цемента можно разделить на два больших класса - пневматическое оборудование и механическое. В промышленности нашли применение оба этих метода. Часто они используются совместно, либо в комбинированных установках

1.1 Пневматическое оборудование по транспортированию цемента.

1.1.1 Классификация пневмотранспортного оборудования.

Пневматические транспортные установки - это комплекс устройств, перемещающих сыпучие материалы (пылевидные, порошкообразные, зернистые, измельченные и т. д.) с помощью сжатого или разреженного газа. В большинстве пневмотранспортных установок в качестве транспортирующего газа используют воздух. Однако, когда не допустимо соприкосновение воздуха с транспортируемым материалом, применяют инертный газ (например, при транспортировании взрывоопасных и легкоокисляющихся материалов).

Установки для пневматического транспортирования материалов различают по давлению несущего потока, размеру частиц и концентрации перемещаемого материала в потоке, характеру движения потока, типам питательных устройств и др. Наиболее часто их классифицируют по концентрации перемещаемого материала и значению давления в пневмосистеме. Различают установки с низкой, средней и высокой концентрацией частиц транспортируемого материала.

За верхнюю границу низкой концентрации принимают расходную массовую концентрацию $\mu \leq 4$ кг/кг. Средняя концентрация соответствует значению $\mu = (4 \text{ Ц } 20)$ кг/кг, $\mu > 20$ кг/кг характеризует поток с высокой концентрацией. Границей между пневматическим транспортированием с разбавленной и плотной фазами является расходная массовая концентрация 50-60 кг/кг. Массовая концентрация 500-600 кг/кг считается наиболее высокой.

В последнее время в различных отраслях промышленности стали применять новые, более экономичные установки пневмотранспорта, в которых материал перемещается сплошным потоком, т. е. в условиях плотной фазы (аэрожелоба, поршневой транспорт).

По способу воздействия воздуха все пневмотранспортирующие установки можно разделить на три основные группы (см. Рис. 1).

К первой группе относятся пневмотранспортные установки, в которых сыпучий материал перемещается в потоке воздуха, т. е. на материал действуют силы давления. По способу создания в транспортном трубопроводе разности давления эти установки могут быть всасывающего, нагнетательного и всасывающе-нагнетательного действия.

Установка всасывающего действия (рис. 1а) состоит из заборного устройства (сопла) - 1, системы трубопроводов 2, осадителя материала - 3, пылеуловителей - 5 и побудителя тяги (вентилятора, вакуум-насоса) - 6, который просасывает через всю установку воздух. Этот воздух, поступая в сопло, захватывает материал, принуждая его двигаться по системе трубопроводов; выделяется материал из потока в осадителе. Оставшиеся в воздухе мельчайшие пылинки улавливает пылеуловитель, а воздух затем через побудитель тяги выбрасывается в атмосферу. В установках всасывающего действия используется низкий (до 90 кПа), средний (до 70 кПа) и высокий (до 40 кПа) вакуум.

В пневматических установках нагнетательного действия (рис. 1 б) трубопроводы и аппаратура находятся под избыточным давлением. Давление наиболее значительно в месте подключения трубопроводов к воздуходувной машине - 5, где обычно материал загружается в пневмотранспортную установку специальным загрузителем: пневматическим винтовым насосом, камерным насосом и т. п. Сжатый воздух, подаваемый от компрессора, может переносить материал при высокой концентрации и на большие расстояния.

Рабочее давление сжатого воздуха на входе в установку составляет 30 кПа, а в отдельных случаях 400 - 600 кПа.

Установки всасывающе-нагнетательного действия (рис. 1.1, в) сочетают основные преимущества рассмотренных установок. В них использованы заборные устройства установок всасывающего действия, работающих без пылевыделения. В основном, наиболее протяженном, транспортном трубопроводе материал переносится под давлением при более высоких концентрациях. В небольших установках обе ветви (всасывающая и нагнетающая) могут работать от одного вентилятора - 14.

Осадитель - 3 всасывающей установки имеет в верхней части матерчатый фильтр, который не допускает попадания пыли в воздухоудвную машину.

Ко второй группе относятся пневмотранспортные установки с плотным слоем, принцип работы которых основан на псевдооживлении материала потоком сжатого воздуха на перфорированных перегородках. Псевдооживленным (кипящим) слоем называют такое состояние зернистого материала, обычно расположенного на пористой перегородке, при котором сила воздействия проходящего через отверстия потока превысит массу слоя.

Материал в псевдооживленном слое устойчиво перемещается только в вертикальных трубопроводах (пневмоподъемники) и в аэрожелобах (рис. 1 б, д). Скорость частиц материала в трубопроводе составляет не более 4 м/с, а концентрация C до 600 - 800 кг/кг. Давление сжатого воздуха, зависящее от длины транспортного трубопровода, обычно не превышает 3 - 5 кПа.

Высоконапорное импульсное пневмотранспортирование осуществляется в установках пульсирующего действия, в которых транспортируемый материал перемещается импульсами в виде пробок с промежутками, заполненными сжатым воздухом. В этом случае материал подается с высокой концентрацией и можно транспортировать материалы с плохой текучестью, склонные к налипанию к стенкам трубопровода, а также гранулированные и зернистые без разрушения частиц. Импульсное транспортирование со скоростями от 2 до 6 м/с отличается высокой экономичностью, так как при минимальном расходе воздуха достигается высокая производительность.

Транспортные аэрожелоба - один из видов горизонтального пневмотранспорта сухих мелких неомкующихся материалов. Они относятся к установкам нагнетательного действия с низким давлением, транспортирующим материал в условиях плотной фазы.

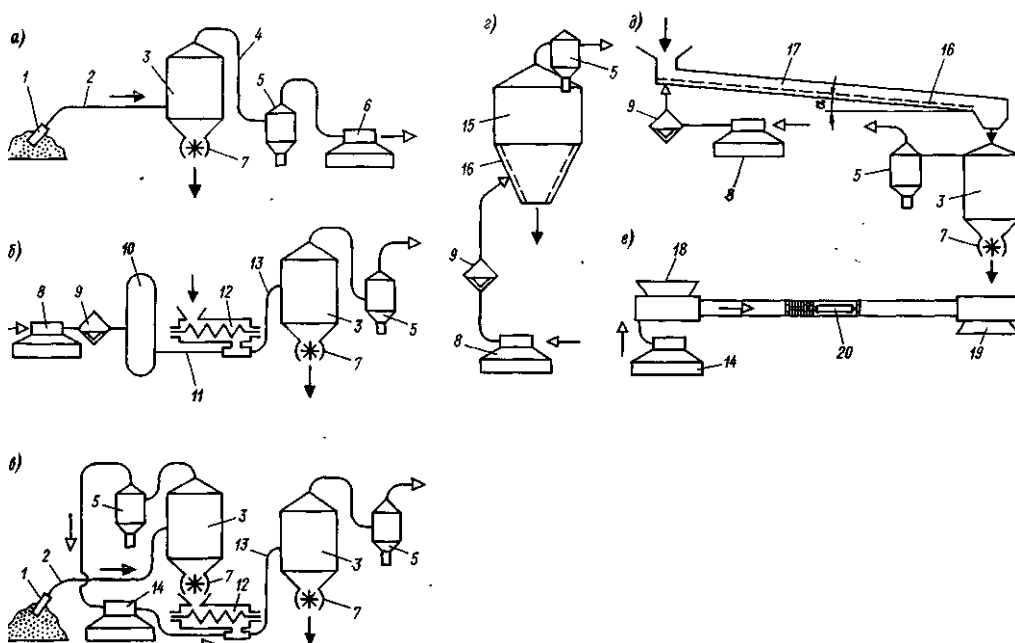


Рис. 1. Схемы пневмотранспортных установок: а - всасывающая; б - нагнетательная; в - всасывающе-нагнетательная; г - аэрационная; д Ц аэротранспортная.

1 - сопло; 2 - всасывающий материалопровод; 3 - осадитель (расходный бункер); 4 - трубопровод; 5 - пылеуловитель; 8 - побудитель тяги; 7 - затвор осадителя; 8 - воздухоудвная машина (компрессор); 9 - масловолагодетелитель; 10 - воздухооборник; 11 - воздухопровод; 12 - питатель. 13 - нагнетательный трубопровод; 14 - вентилятор; 15 - силос; 16 - микропористая перегородка; 17 - аэрожелоб; 18 - загрузочная станция; 19 - разгрузочная станция; 20 Ц контейнер.

1.1.2 Установки с применением аэрации.

Для вспомогательных операций при транспортировании цемента и других пылевидных материалов серийно выпускают оборудование, работающее по принципу аэрации, при которой порошковый материал насыщается капиллярно распределенным воздухом и приобретает легкую подвижность (текучесть), близкую к текучести жидкости. К этой группе оборудования относятся аэрожелоба, загрузочные установки, аэрационные воздухораспределительные коробки и пневматические донные и боковые разгрузатели.

Аэрожелоба предназначены для транспортирования с небольшим уклоном сухого порошкообразного материала как при подаче из одного пункта в другой, так и для распределения материалов по ряду пунктов, а также для сбора материала из ряда точек и подачи его в одну точку. Для автоматической загрузки автоцементовозов, крытых железнодорожных вагонов и вагонов-цементовозов из складов силосного типа используют загрузочные устройства. Аэрационные воздухораспределительные коробки предназначены для оборудования днищ силосов и бункеров в целях обеспечения беспрепятственной и равномерной выдачи из них сыпучего материала за счет его аэрации.

Пневматические донные и боковые разгрузатели предназначены для регулируемой выгрузки сыпучих материалов из силосов с аэроднищами.

Аэрожелоб (см рис. 2) представляет собой трубопровод прямоугольного сечения, составленный из двух П-образных коробов верхнего 6 и нижнего 8, между которыми помещена воздухопроницаемая микропористая перегородка 9. Ч керамическая или тканевая. Отдельные звенья желоба длиной до 4 м соединены при помощи фланцев 7 в общий аэрожелоб необходимой длины.

В нижний короб, служащий воздухопроводом, через переходный патрубок нагнетается воздух от вентилятора 2 с рабочим давлением до 0,006 МПа. В вентилятор воздух засасывается через фильтр 1, чтобы предохранить микропористую перегородку от загрязнения пылью.

В верхний короб, служащий транспортным лотком, из силоса 3 или другой емкости через верхний загрузочный патрубок 4 подается транспортируемый материал, который аэрируется и перемещается под действием силы тяжести по наклонной плоскости.

Угол наклона аэрожелобов обычно 348°. Верхний короб имеет смотровые и вентиляционные окна 5. Вентиляционные окна служат для выхода отработанного воздуха и представляют собой металлическую рамку с фильтрующей тканью, покрытую металлической сеткой.

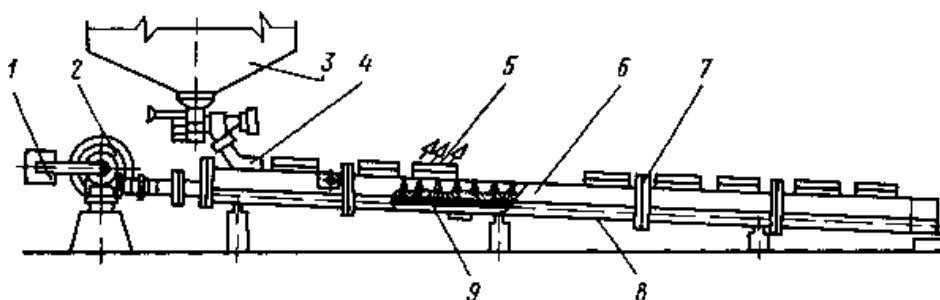


Рис. 2. Аэрожелоб

При необходимости разгрузки транспортируемого материала в нескольких точках аэрожелоб оборудуют боковыми переключателями. Аэрожелоб может быть изогнут в горизонтальной плоскости под углом 15, 30 и 45°. Минимальный радиус закругления следует принимать равным 1,8 м.

Для изготовления мягких пористых перегородок рекомендуется применять следующие материалы: восьмислойный хлопчатобумажный ремень (арт. 2332); шестислойную цельнотканую хлопчатобумажную транспортную ленту (арт. 2348); четыре слоя брезента (арт. 11205); капроновую ткань в два слоя (арт. 1545); ткань ТЛФТ-5Ц, изготавливаемую фабрикой УКрасный ПерекопФ (Ярославль), бельтинг хлопчатобумажный Б-800 и В-820 (ГОСТ 2924Ч67) и др.

При температурах транспортируемого материала более 200 - 250 °С тканевые перегородки заменяют на асбестовые. В этом случае микропористая перегородка состоит из слоя асбестового полотна марки АТ-4 и трех слоев стеклоткани (на внешней стороне). Иногда асбестовое полотно покрывают металлической саржей.

Тканевые перегородки более удобны в эксплуатации, так как они не ломаются при перекосах, но на абразивных материалах аэрожелоба лучше работают с керамическими перегородками.

Керамические плитки легко обеспечивают прохождение воздуха в количеств 6 м³/мин на 1 м².

Иногда вместо мягкой микропористой перегородки устанавливают воздухораспределительную жалюзийную перегородку. Благодаря такой перегородке воздух вводится в транспортируемый материал не перпендикулярно, а под некоторым острым углом в направлении транспортирования. В результате воздух не только аэрирует материал, уменьшая внутреннее трение, но и динамически воздействует на него, что дает возможность осуществлять транспортирование не только по уклону, но и горизонтально и даже с небольшим подъемом вверх.

По данным практики, воздух следует подводить в аэрожелоб через каждые 30Ч40 м. Расход воздуха, необходимый для работы аэрожелоба, зависит от физико-механических свойств перемещаемого материала, высоты слоя и угла наклона желоба. Для материалов типа цемента и концентратов руд цветных металлов при высоте слоя материала 50 мм для аэрирования требуется до 3 м³/мин воздуха на 1 м² аэрирующей поверхности. Для легких и волокнистых материалов расход воздуха возрастает до 15 м³/мин на 1 м² аэрируемой поверхности.

Технические характеристики некоторых отечественных и зарубежных аэрожелобов приведены в Таблице 1.

Таблица 1

Технические характеристики аэрожелобов

Модель (фирма), страна изготовитель	Производительность (техническая), т/ч	Рабочая ширина желоба, мм	Уклон желоба, град	Рабочее давление транспортирующего воздуха, МПа	Расход воздуха, м³/мин на м²
1, СССР (для муки)	10	100	6	0.002	2
2, СССР (для муки)	11 Ч 20	150			
3, СССР (для муки)	21 Ч 30	200			
4, СССР (для муки)	31 Ч 40	250			
ТН-22, СССР (для цемента)	200	200	4	0.005	1,5
ТН-2, СССР (для цемента)	400	400	6		
УФуллерФ (США)	113	356	8	0.005	1,5 Ч 2
	227	408			
УСкетФ, Германия	17 Ч 140	250	4 Ч 5	0.005	1 Ц 1,5
	50 Ч 500	500			
500, Франция	260 Ч 410		3	0.005	1,5 - 4
630, Франция	410 Ч 680	630	4	0.006	

1.1.3 Автоцементовозы и автозоловозы.

Автоцементовоз (автозоловоз) представляет собой автопоезд, составленный из седельного тягача и цистерны полуприцепа.

Полуприцеп состоит из цистерны, ходовой части с тормозной системой, опорного и сцепного устройств, электрооборудования. Компрессорная установка смонтирована на специальной раме, закрепляемой на раме тягача. Цистерны различают по расположению резервуара на вертикальные, горизонтальные и наклонные. Отечественная промышленность выпускает автоцементовозы и автозоловозы с наклонным расположением резервуара.

Цистерна включает в себя резервуар цилиндрической формы с выпуклыми эллиптическими днищами (см. Рис. 3), установленный с уклоном 6 Ц 8 градусов в сторону выгрузки. Внутри цистерны, в нижней ее части, вдоль образующей цилиндра расположены один или несколько аэролотков. Между аэролотками установлены жесткие рассекатели. А в цистерне с одним или двумя аэролотками на боковой поверхности ее, прилегающей к лотку, приварены под углом 45Ц50° откосы. Аэролоток выполнен в виде короба, покрытого сверху аэрационной тканью. Наверху цистерны имеется загрузочный люк, герметически закрываемый крышкой. В нижней задней части цистерны устроен разгрузочный патрубок с краном, продувочной форсункой и грибовидной головкой для подсоединения при помощи быстроразъемного замка наконечника транспортного материалопровода. Кран служит для регулирования производительности и экстренного прекращения разгрузки.

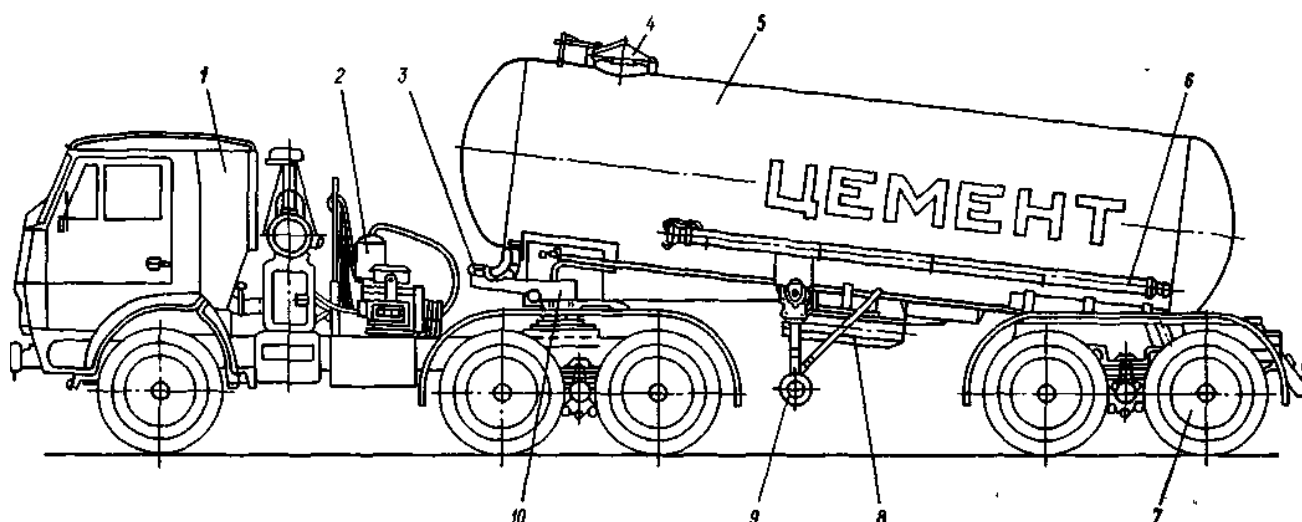


Рис.3. Автоцементовоз ТЦ-11:

1- седельный тягач КамАЗ-5410; 2 - компрессорная установка; 3 - пневмооборудование для разгрузки; 4 - загрузочный люк; 5 - цистерна-полуприцеп; 6 - разгрузочный рукав; 7 - ходовая часть; 8 - запасное колесо; 9 - опорное устройство; 10 Цсцепное устройство

Пневмооборудование автоцементовоза состоит из ротационного компрессора, приводимого в действие от двигателя автотягача через коробку отбора мощности, влагомаслоотделителя, коллектора с предохранительным клапаном и манометром и системы воздухопроводов с кранами. На воздухопроводе подачи воздуха к продувочной форсунке есть обратный клапан. Органы управления компрессором расположены в кабине водителя. Для контроля за давлением на цистерне установлен манометр, а для самозагружающегося материаловоза - мановакуумметр.

Загружают цистерну через загрузочный люк из складов силосного типа посредством донных и боковых разгрузателей. Разгружают цистерну за счет подводимого к аэролотку от компрессора сжатого воздуха. Проходя через пористую перегородку, сжатый воздух аэрирует находящийся на нем слой материала и создает давление в цистерне. Насыщенный воздухом материал стекает по аэролотку к разгрузочному патрубку, подхватывается струей воздуха, идущей от продувочной форсунки, и

транспортируется за счет избыточного давления по трубопроводу к месту разгрузки в силосный склад. Разгрузка заканчивается при падении давления в цистерне до нуля.

Самозагружающиеся автоцементовозы (золовозы), в отличие от обычных, оборудованы устройствами для вакуумной самозагрузки бестарного цемента, с забором его из бурта, из амбарных складов и крытых вагонов. Оборудование для самозагрузки (см. Рис. 4) состоит из фильтров первой, второй и третьей ступеней, заборного сопла, загрузочно-распределительной трубы, сигнализатора уровня наполнения цистерны

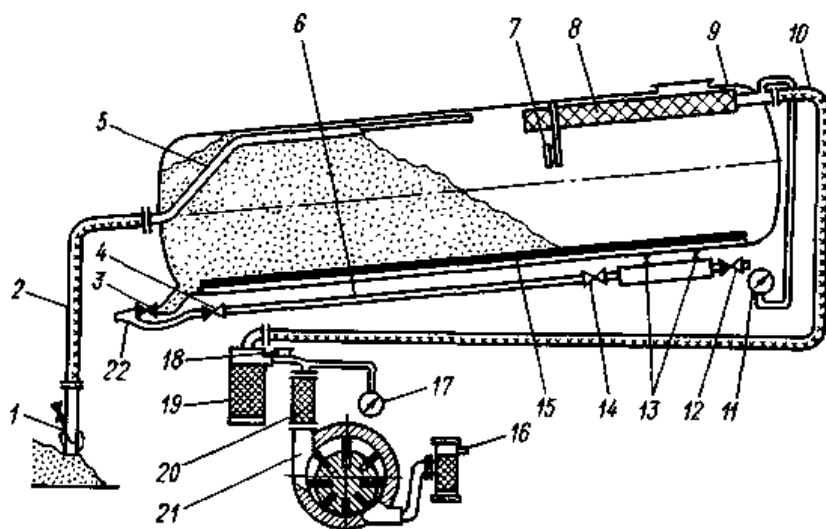


Рис.4 Устройство самозагружающегося автоцементовоза:

1 - сопло; 2 - загрузочный шланг; 3, 13, 14 - пробковые краны; 4, 12 - обратные клапаны; 5 - распределительная труба; 6 - воздухопровод; 7 - сигнализатор уровня; 8 - фильтр первой ступени; 9 - цистерна; 10 - шланг; 11 - моновакууметр; 15 - аэролотки; 16 - влагомаслоотделитель; 17 - вакуумметр; 18 - крышка; 19 - фильтр второй ступени; 20 - инерционный фильтр; 21 - ротационный компрессор; 22 - разгрузочный клапан

Компрессор, входящий в состав автоцементовоза, может работать в режиме вакуум-насоса при самозагрузке и в режиме компрессора - при пневморазгрузке цистерны.

Работа самозагружающегося автоцементовоза основана на заборе и перемещении сыпучего материала по трубопроводу за счет вакуума, создаваемого в цистерне компрессором - вакуум-насосом. Управление заборным соплом осуществляется вручную. Технические характеристики автоцементовозов приведены, в табл. 2.

Таблица 2.

Технические характеристики автоцементовозов и золовозов

1.1.4 Некоторые практические соображения и Упроизводственные секретыФ работы цементовозов.

Автор не одну тысячу километров провел как в кабине цементовоза так и, порой, за его рулем Ц наша организация длительное время специализировалась на поставках цемента. Снабжение цементом Ц это достаточно отлаженный и стабильный бизнес, изобилующий своими нюансами и производственными секретами. Люди, которые этим занимаются десятилетиями, если не всю жизнь, знают его досконально. И уж поверьте, ВСЕГДА найдут способ, как добыть своим детям не только кусок хлеба, но и масло с икрой к нему. А чтобы они сильно не УжировалиФ и Вам следует знать хоть

некоторую толику производственных секретов. Тем более что цемент Ц главная составляющая пенобетона. От его качества и рентабельности поставок зависит очень многое, если не все.

Только на самых первых, начальных порах, можно довериться случайным поставщикам цемента. Какими бы громкими регалиями, они не прикрывались и какие бы красивые бумажки и сертификаты они Вам не показывали. Гарантом качества данной партии цемента является ТОЛЬКО заключение НЕЗАВИСИМОЙ лабораторной экспертизы (даже к лабораторному заключению цемкомбината следует относиться с известной долей скептицизма). А так как лабораторная проверка цемента процесс достаточно длительный и дорогой Ц проводить его на месте имеют возможность только крупные потребители. И даже они это делают оЧЧЧЧЧень редко Ц дешевле и проще, получается, подстраховаться простым перерасходом цемента.

Проблема усугубляется еще и тем, что в процессе погрузки или тарирования, еще на заводе, возможны различные УсхемыФ, благодаря которым вы вместо своей бездобавочной пятисотки, на вполне законных основаниях получите, в лучшем случае четырѐхсотый, а то и вообще шлакопортланд, в котором будет половина шлака, и который для пенобетона ну никак не годится Ц сплошное мучение. Хотя на внешний вид они абсолютно одинаковы.

Как быть?

Совет первый, главный Ц не только у Вас есть дети. Не жадничайте, и все у Вас получится.

Совет второй Ц берете новое ведро и заполняете его доверху конфетами. Самыми дорогими, какие найдете. Легенду придумайте сами, главное, чтобы под её прикрытием Вы с этим своим ведром проникли в заводскую лабораторию. Лучше всего ничего не выдумывать Ц честно рассказать, как для Вас важны поставки качественного цемента и как Вы способны ценить эксклюзивную информации. В заводских лабораториях работают очень милые и симпатичные молодые девушки, в отличие от отдела сбыта, как правило, обделенные вниманием клиентов. Вы сами будете поражены как много очень интересной и полезной информации узнаете, подружившись с сотрудниками заводской лаборатории. Уж поверьте, способ проверен многократно. И ни разу он не давал осечек. А непринужденное общение за чашкой чая, с вашими-же конфетами, будет не только полезно в плане Вашего профессионального роста, но и просто приятноЕ

Совет третий Ц располагая УэксклюзивчикомФ (как там минералогия УпляшетФ, какая печка не в режиме, какая банка силоса заполняется прямиком с мельницы, а какая была заполнена еще пол года назад, что-там с мелющими телами, и на какой мельнице Утонина упалаФ и т.д. и т.д. и т.д.), Вы сможете уже более определенно и предметно общаться на отгрузке. Там Вам тоже нужно будет обязательно Унавести мостыФ. При умелом подходе даже проблема пересортицы (см. выше) может быть обыграна в Вашу пользу, а её неизбежные последствия будет расхлебывать какойнибудь колхозник, который всего этого, разумеется, не читал.

Совет четвертый Ц при малейшей возможности организуйте снабжение своего производства при помощи цементовоза Ц цемент навалом. В этом случае, возможен хоть какой-то контроль. Работать же на тарированном цементе, в мешках, оставьте любителям самоистязания. Там ситуация настолько закрученная, что о каком либо качестве или стабильности можете забыть в принципе. Или гарантированный недовес, или гарантированная пересортица Ц третьего не дано. А к надписям на мешках относитесь как к забору, - на нем еще и не такое пишут.

Совет пятый Ц если Вы имеете возможность разовой приемки цементовоза, иными словами ему есть куда УвыдутьсяФ (подготовленный сарай, спец. хранилище и т.д.) очень ответственно подойдите к выбору собственно самого цементовоза и, самое главное, водителя который на нем работает. Если все сделать грамотно Ц профессионал-водитель, который на этом цементовозе проработал всю жизнь, и который знает на ближайших цем. комбинатах каждую собаку, решит большинство Ваших проблем. Как правило, это ушлые и толковые дядьки, которые не только в совершенстве знают свою машину и спец. оборудование на ней, но и детально посвящены во все тонкости и нюансы всего этого дела Ц вплоть до особенностей личной жизни сотрудников цем. комбината. Они за руку здороваются с каждым гаишником на дороге и с помощью маленькой шоколадки, хихи-хаха и шаловливых ручек, в три минуты решают все проблемы в отделе сбыта. И даже очередь на загрузку, машин эдак в 300,

помеха для них не большая Ц максимум через час, перегруженная бочка начинает монотонно Убодаться в спинуФ на пути домой.

Разумеется, подобный УсервисФ удовольствие не из дешевых Ц доставка цемента автоцементовозом стоит 0.5 Ц 1.0 доллара за километр пути и вплотную приближается к цене самого транспортируемого цемента (расценки Восточной Украины). И многие начинающие или разовые потребители цемента, считая эти расценки грабительскими, стараются сэкономить на доставке любым доступным способом. Рано или поздно, но практически всегда, жизнь им преподносит урок, и они начинают понимать, что профессионализм в любых его проявлениях, дешевым быть не может по определению.

Совет шестой Ц если транспортное плечо до нужного цем. комбината превышает 200 км, и Вы способны принять вагонные нормы, имеет смысл рассматривать схему комбинированных поставок Ц железная дорога + автотранспорт.

Традиционно эта схема решается при помощи местного завода ЖБК. У них, как правило, имеются производственные мощности по приему и хранению вагонных норм. Берут они за эту услугу обычно тем же цементом Ц от 10% с хопра за разгрузку, и 5 Ц 10% за месяц хранения. Удовольствие не из дешевых и для приемки высокомарочных цементов не годится в принципе Ц никто не будет там носиться с вашей бездобавочной пятисоткой. Свалят в общую кучу в свободный силос и, в лучшем случае, не станут его гонять по банкам.

Модернизация этой схемы Ц осуществить перегруз с вагона-хопра в свое хранилище самостоятельно. За достаточно скромное вознаграждение на любой станции Уотобьют готовностьФ на цем. комбинат по приему специального вагона-цементовоза в ближайшем тупике. Разумеется, если Вы аргументировано убедите начальника станции, что сможете обеспечить его разгрузку самостоятельно. (Такую экзотику, как - дежурным тепловозом раскрываем на перегоне люки Упод себяФ, на брезент, а затем десяток студентов за ночь УрастариваютФ 65 тн в мешки, конечно, предлагать не стоит. Схема хоть и очень красивая и подкупающе дешевая, всё же предполагает очень четкую организацию и опыт подобных экстремальных действий, уж поверьте на слово).

Гораздо проще организовать разгрузку вагона-цементовоза при помощи автоцементовоза. Он же и доставит его к точке разгрузки и, без хлопот выгрузит. Единственный нюанс Ц бочка должна быть оборудована соответствующей системой самозагрузки. Как правило, все 12-ти тонные бочки с тягачом КАМАЗ-5410, именно такими и выпускаются изначально заводом. Суть этой системы Ц компрессор начинает работать УнаоборотФ - как вакуумный насос. Он создает разрежение в бочке, и струя всасываемого воздуха захватывает цемент. Чтобы он не попал в насос, есть два фильтра - один непосредственно на компрессоре и другой в самой бочке. Вот с эти фильтром то обычно и возникают главные проблемы Ц его просто срезают, чтобы увеличить полезный объем бочки и 12-ти тонник превращается в 14-ти тонник. Соответственно цементовоз уже не способен к самозагрузке.

И даже если все нормально Ц водители очень неохотно соглашались на подобные издевательства над техникой. Как ни крути, запыленный воздух, даже после всех фильтров, очень быстро изнашивает текстолитовые пластины в роторном насосе, - его производительность резко падает. И если, в обычном режиме, компрессор не требует к себе внимания годами, то через 10 Ц 15 циклов самозагрузки пластины нужно менять. На Унерасфрезерованных канавках ротора компрессораФ это усугубляется еще и крайней дефицитностью этих самых пластин.

Поэтому если водитель не уверен в целостности фильтров, он НИКОГДА не согласится на самозагрузку. Ну, разве что, полный дурак или, что чаще, случайный УнаездникФ. И наказаны за подобную неосмотрительность будете в первую очередь Вы сами Ц с неисправными фильтрами насос сломается через 10 минут работы, вагон затолкают в тупик, и все то время, пока Вы будете судорожно метаться по городу в поисках нового цементовоза согласного на самозагрузку, штрафы за простой будут облегчать Ваш кошелек.

Зондаж на предмет возможной самозагрузки следует начинать только с водителя, - никакое начальство, в этом вопросе Вам не помощник. Разговор рекомендую начать с полушутливого и

фривольного склонения слова УсосатьФ, разумеется, по отношению к цементовозу. Как бы Вы не пыжились, это слово имеет настолько специфическую интерпретацию в повседневной речи, что ответные реплики наверняка весьма обогатят Ваш словарный запас оригинальными оборотами, - Вам только того и надо. Хотя подобный стиль беседы предполагает обязательное умение парировать выпады оппонентов их же языком, любой водитель цементовоза сразу же поймет о чем речь. И если тема не затухает, или начинает активно поддерживаться, - это верный сигнал Ц бочка соответственным образом оборудована (начальство, как правило, в подобные тонкости не посвящают), а водитель готов к более предметному обсуждению. Вот тогда уже и пойдет заинтересованный разговор, результат которого всецело будет зависеть от Вашей подготовленности к тому факту, что операция самозагрузки действительно весьма хлопотна и нетипична для повседневной работы, а, следовательно, должна быть соответствующим образом вознаграждена.

Если переговоры прошли успешно, и Вы заполучили сосущий цементовоз, дальнейшее весьма просто. Грамотно построенная беседа с экипажем дежурного тепловоза и сразу по прибытию, вагон уже стоит в удобном месте. И Вы об этом знаете, еще, как только он пересек входные стрелки Ц дармовые УбесплатныеФ сутки на разгрузку наверняка по достоинству будут оценены Вашим начальником.

Дальше дело техники Ц бочка двенадцатитонника заполняется максимум за час. Внутри вагона-хопра должен находиться человек в противогазе, который УводитФ соплом и обеспечивает забор цемента по углам.

Совет седьмой Ц контроль выгрузки.

Если цементовоз Уходит под загрузкуФ без Вашего экспедитора, либо они с водителем УспелисьФ (очень часто, если не всегда, водитель берет экспедитора в долю Ц в этом вопросе нужен глаз да глаз) - возникает проблема обеспечения сохранности тоннажа в пути. Профессиональный водитель ВСЕГДА знает, в каком придорожном селе можно тонну другую быстренько выдуть. Проверить этот факт очень сложно, если не знать одного секрета - если система выгрузки по пути домой включалась, то в открытый люк видно, что цемент испещрен сетью трещин (как пересохшая глина летом).

Открывая для проверки верхний люк, обязательно обратите внимание на различные проволоки, веревки и т.д. торчащие из него. Это верный признак - на донных сетках аэрожолоба лежит кусок брезента. После УокончанияФ разгрузки, водитель за веревку вытащит этот брезент и еще пару тонн выдует, но уже себе.

В процессе выгрузки очень сложно определить момент её окончания, все ревет, пыль, дым Ц подходить страшно. Падение давления на манометре бочки НЕ яВЛЯЕТСя признаком полной разгрузки, как бы Вас водитель в этом не убеждал. Внимательно следите за шлангом, по которому цемент транспортируется. Пока он хоть немного вздрагивает - значит, цемент еще идет. Если резко упало давление, но шланг продолжает дрожать Ц заставляйте водителя продолжать разгрузку. Все его высказывания по данному вопросу Ц дешевый спектакль, рассчитанный на Вашу эмоциональную неустойчивость.

Совет восьмой Ц если доверяете, дайте водителю заработать.

Проверено неоднократно Ц цементовоз может взять цемента больше, чем по паспортным данным на данную бочку. Это зависит от мастерства оператора загрузки (по минимуму аэрирует цемент на аэрожелобах силосов), желания самого водителя (УдерживаетФ бочку Ц зрелище не для слабонервных, или ждет несколько часов пока само уляжется). Многое зависит также и от схемы, по которой в данный момент работает отгрузка Ц если идет сильно аэрированный цемент напрямую с мельниц (обычно это летом) получается вообще недогруз.

Если от водителя поступает предложение, что он, дескать, вместе с Вашими 12-тью, привезет для себя еще пару тонн Ц знайте такой трюк в принципе возможен. Но решения по данному вопросу должно исходить целиком из Вашей степени доверия данному водителю.

1.2 Механическое оборудование по транспортированию цемента.

1.2.1 Винтовые конвейеры

Винтовые конвейеры (шнеки) применяются для транспортирования цемента, гравия, песка, шлака, мокрой глины, бетонной смеси на расстояние 30 - 40 м. Они могут перемещать материалы под углом до 20°; в отдельных случаях их используют и для вертикального транспортирования. Винтовой конвейер (рис. 4, а) представляет собой винт, заключенный в кожух (желоб). При вращении винта материал перемещается вдоль его оси. Работают такие конвейеры при определенной окружной скорости винтов, которая выбирается в зависимости от коэффициента трения между материалом и винтом. Качество работы конвейера зависит от заполнения желоба: при слишком большом заполнении трение между материалом и винтом будет очень велико и может произойти закупорка желоба; при недостаточном заполнении не достигается возможная производительность.

В зависимости от вида транспортируемого материала применяют конвейеры со сплошным, ленточным, фасонным или лопастным винтом (рис. 4, б).

Сплошные винты используют для транспортирования цемента, мела, гипса, гранулированных шлаков.

Крупный гравий, песчаник, известняк лучше транспортируются ленточным или лопастным винтом.

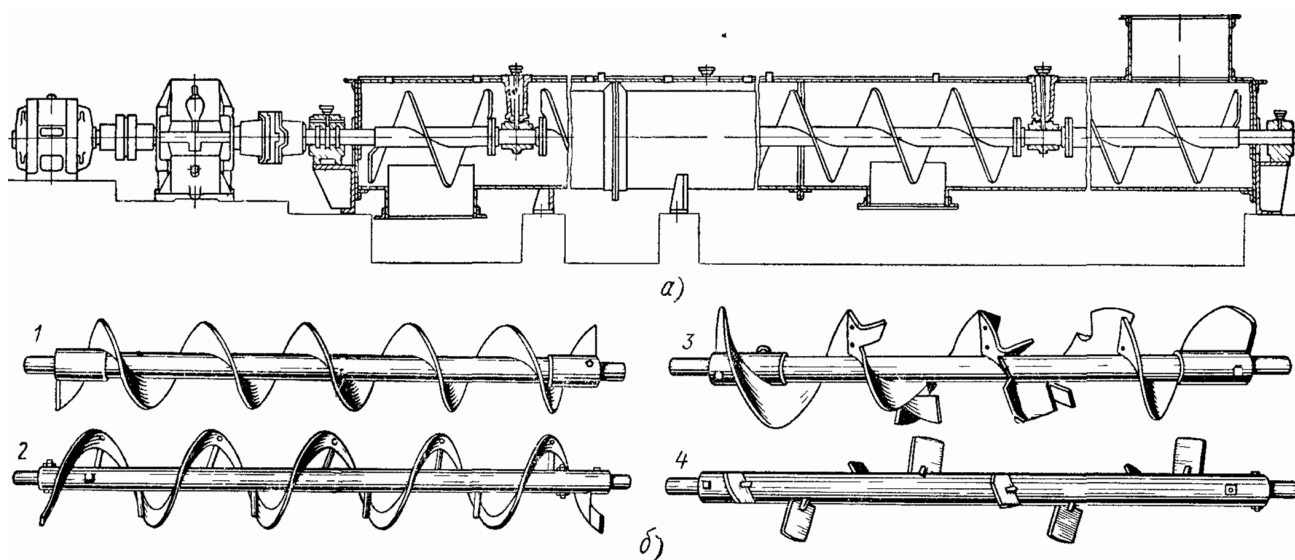


Рисунок 4. Винтовые конвейеры.

а — схема конвейера; б — форма винтов: 1 — сплошной, 2 — ленточный, 3 — фасонный, 4 — лопастной винт.

Для транспортирования цементных растворов, бетонных смесей, мокрой глины целесообразнее применять конвейеры с лопастными или фасонными винтами. Число оборотов винта при транспортировании этих материалов в 1.5 - 2 раза меньше, чем при транспортировании сухих материалов, и составляет 30 - 60 об/мин.

Производительность винтовых конвейеров зависит от средней площади сечения потока материала в желобе и скорости его перемещения вдоль оси. Эти величины зависят от диаметра желоба, шага и оборотов винта, его конструкции и свойств материала.

Шаг винта равен диаметру или 0.8 диаметра винта. Диаметры винтов стандартизованы и изготавливаются в пределах от 0.15 до 0.6 м. При выборе конвейеров необходимо, чтобы шаг винта был в 12 раз больше среднего размера кусков сортированного материала и в 4 раза больше максимального размера кусков рядового материала.

Методология расчета винтовых конвейеров проста и отработана настолько, что задается студентам в качестве домашнего задания. Более подробную информацию можно почерпнуть из списка литературы. В качестве ориентира приведены данные серийно выпускаемых винтовых конвейеров для транспортировки цемента (см. Таблица 3)

Таблица 3

Замечу только, что для практических нужд исходят в первую очередь из имеющегося в наличии шнека Ц это самая дефицитная часть. Отталкиваясь от его геометрических параметров, выстраивают и весь остальной расчет.

При всей кажущейся экзотичности, шнеки очень распространены в народном хозяйстве. И в первую очередь в сельскохозяйственной технике. В каждом комбайне, например, десятки шнеков различных размерностей. Практически все они подходят для изготовления винтового транспортера по перемещению цемента.

Использование сельскохозяйственных шнеков существенно удешевляет конструкцию. Их ориентировочная цена 5 Ц 10 дол/пог. метр. Это на порядок дешевле специализированных строительных изделий при сопоставимом ресурсе.

1.2.2 Специализированное оборудование для хранения и транспортирования цемента.

Как показала наша практика, очень удобными для качественного хранения без значительной потери активности и порционной выдачи цемента являются специализированные емкости со шнеками на дне. Это специальной формы бункера, вмещающие 8 Ц 10 тн. цемента. Их форма выполнена таким образом, что расположенные внизу два шнековых транспортера, самозагружаются без посторонней помощи и обеспечивают практически полную разгрузку бункера без какого либо дополнительного аэрирования. (Каждый цикл выгрузки с использованием воздуха снижает активность цемента примерно как после месяца хранения Ц на 8-15%)

Такие цементные бункера работают в составе специализированных комплексов, по тампонированию скважин, например (во всяком случае, наш был именно оттуда). Абсолютно аналогичные бункера применяются для транспортирования и раздачи комбикормов на птицефабриках. Если есть возможность нужно обязательно Уприсмотреться к ним Ц часто они просто валяются на машинном дворе ближайшего колхоза.

Одно время мы активно использовали подобный бункер, сейчас он без дела, для хранения и выдачи цемента прямо на стройке. У Автомобильные габариты, позволяют его легко транспортировать в кузове грузовика. На стройке его устанавливают краном на блоки в удобном месте. Приходит автоцементовоз и выдувается в бункер. Шнеки приводятся во вращение отдельным электродвигателем с редуктором. По мере надобности включается мотор, и порция цемента высыпается прямоком в бетономеситель. Достаточно точную дозировку можно осуществить, считая обороты шнека.

После окончания работ бункер легко демонтируется и перевозится на новое место.

1.3 Спиральный перегрузчик цемента

(Приведено по материалам, впервые опубликованным в: УСборник материалов по обмену опытом в строительстве. Новое в производстве строительных материалов. Бюллетень строительной техники № 18, 1956 г. Ф Автор: инж. Дидык В.П. СМУ Миинпищепрома)

Погрузка и разгрузка таких материалов, как цемент, гипс и известь-пушонка, транспортируемых без тары (навалом), весьма затруднительна.

При обычных способах работ на месте погрузки и разгрузки наблюдается большое распыливание тонкомолотых материалов.

Автором предложен простой способ механизированной погрузки и разгрузки тонкомолотых пылевидных материалов при помощи спирального перегружчика.

Установка (см. Рис. 5) состоит из гибкой стальной спирали, резинового шланга, трансмиссии и электромотора. Цилиндрическая спираль из арматурной стали диаметром 4 - 8 мм вводится в гибкий шланг. Диаметр шланга назначается в зависимости от требуемой производительности и условий работы.

Шаг витков спирали принимается равным 0,8 диаметра шланга, а диаметр спирали на 4 - 6 мм меньше диаметра шланга для образования зазора между витками и стенками шланга в целях уменьшения влияния трения. Стальная спираль приводится во вращение электромотором через ременную или клиноременную передачу. На рис. 2 приведен наиболее простой вариант узла крепления спирали при односторонней работе установки.

Разрез по 1 - 1

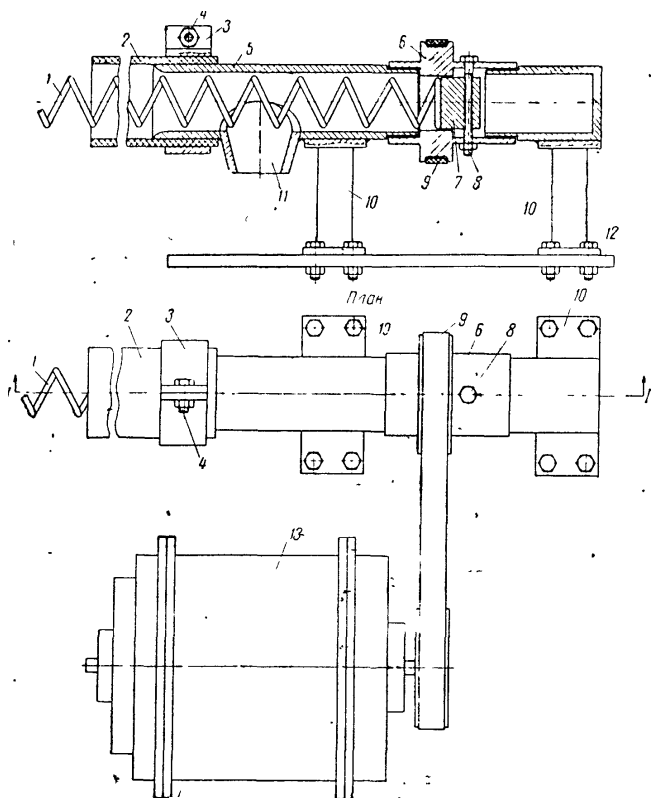


Рис. 5. Деталь крепления спирали при односторонней работе установки.

1 - спираль; 2 - шланг; 3 - хомут; 4 - болт; 5 - патрубок; 6 - шкив; 7 - хвостовик; 8 - болт; 9 - ременная передача; 10 - стойки; 11 - выпускное отверстие; 12 - станина; 13 - электромотор

Шланг - длиной 7 - 8 м, диаметром от 50 до 100 мм надевается на стальной патрубок и хомутом при помощи болта прикрепляется к патрубку. На патрубок надет шкив, который передает от электромотора вращение на спираль (через ременную передачу).

Шкив прикреплен к хвостовику болтом, а хвостовик приварен к спирали. При вращении шкива вращается и спираль стойки. Патрубок опирается на две стальные стойки; стойки одним концом приварены к патрубку, а вторым - прикреплены болтами к станине.

В патрубке имеется отверстие для выгрузки цемента.

Вариант узла простого крепления спирали при двусторонней работе показан на рис. 6.

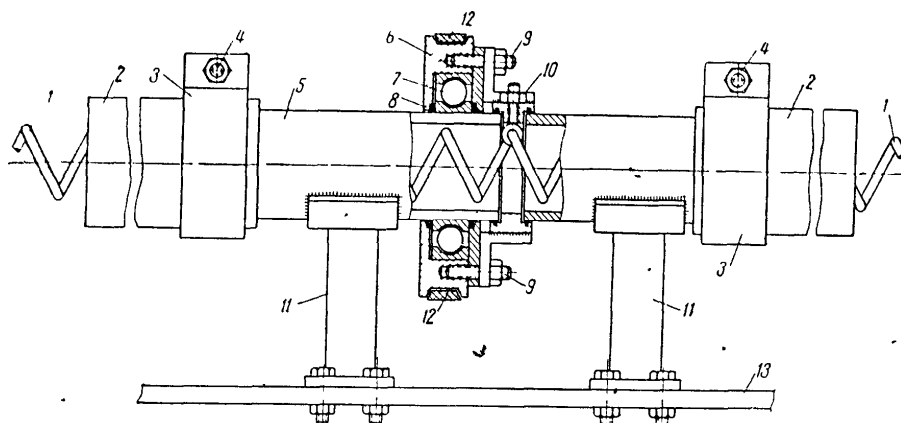


Рис. 6 Деталь крепления спирали при двусторонней работе установки

1 - спираль, 2 - шланг, 3 - хомут, 4 - болт, 5 - патрубок, 6 - шкив; 7 - подшипник; 8 - сальники; 9 - болт, 10 - болт с ушком; 11 - стойки; 12 - ременная передача; 13 - станина

Из рис. 6 видно, что при соединении двух патрубков имеется зазор 3 - 4 мм. Этот зазор снизу по периметру патрубков перекрыт втулкой. В верхней части втулки проходит болт с ушком для спирали; втулка болтами крепится к шкиву, вращающемуся на шарикоподшипниках. Шкив при помощи ременной передачи электромотором приводится в движение. В остальном устройство установки такое же, как и при односторонней работе.

Детали узла перегрузки с одной установки на другую приведены на рис. 7.

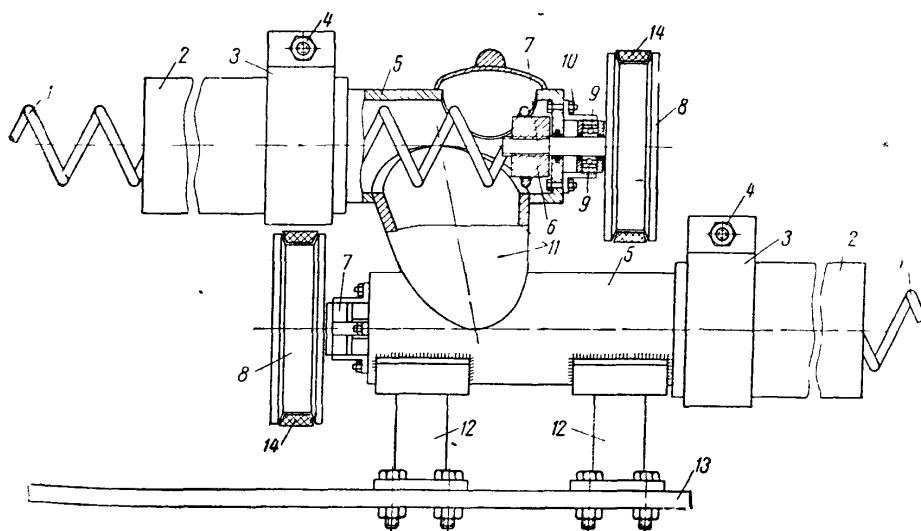


Рис. 7. Деталь крепления спирали при перегрузке пылевидных материалов

1 - спираль, 2 - шланг; 3 - хомут, 4 - болт, 5 - патрубок, 6 - хвостовик, 7 - ось шкива; 8 Ц шкив; 9 - подшипники; 10 - болт; 11 - отверстие; 12 - стойки; 13 - станина; 14 - ременная передача

Основное отличие узла заключается в том, что вращающийся на шарикоподшипниках хвостовик соединен с осью шкива, а к хвостовику приварена спираль. При вращении шкива вращается хвостовик и приводит в движение спираль. В патрубке имеется отверстие, через которое цемент или другой сыпучий материал попадает на патрубок второй установки, - расположенной ниже - под первой.

На основании наблюдений за работой установки и отдельных экспериментов составлена Таблица 3 основных показателей.

Производительность в м ³ /час	Диаметр шланга в мм	Диаметр спирали в мм	Диаметр проволоки для спирали в мм	Шаг витка спирали в мм	Количество оборотов спирали в мин.	Мощность мотора в кВт	Длина шланга в м
1.0 Ц 1.5	50	44 - 46	5 - 8	40 - 50	500 - 700	0.5 Ц 1.0	4 - 8
6.0 Ц 8.0	75	64 - 68	8 - 10	60 - 70	500 - 700	1.0 Ц 1.5	

Из таблицы видно, что с увеличением диаметра шланга повышается производительность установки. Однако на основании опыта установлено, что при большом диаметре шлангов труднее работать и поэтому целесообразнее иметь несколько установок с диаметром шлангов 75 - 100 мм, чем пользоваться установкой с диаметром, шлангов более 100 мм.

Опыты показали, что перемещение влажных материалов при длине шланга 4 - 8 м происходит с большим напряжением для спирали, поэтому влажные материалы перемещать не рекомендуется. Начальное усилие, возникающее на спирали при заборе и перемещении сыпучих, весьма значительны; поэтому не следует спираль закреплять непосредственно на оси электромотора, так как в этом случае может произойти поломка спирали в месте закрепления ее на оси мотора; усилие от мотора лучше передавать на спираль через ременную передачу. Это особенно важно при небольших диаметрах шланга.

На рис.8 приведены схемы, характеризующие применение описываемой установки.

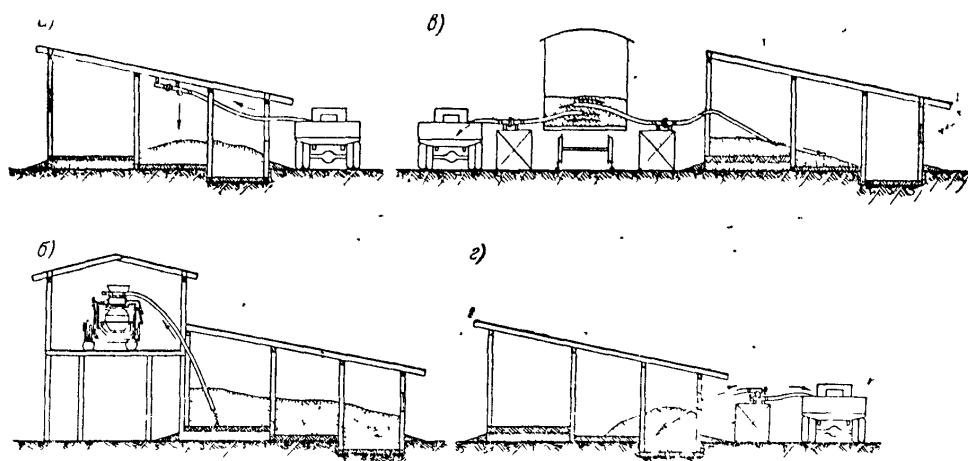


Рис. 8. Схема погрузки и разгрузки цемента при помощи установки.

а - выгрузка цемента из автомашины в склад; б - загрузка дозатора растворного узла цементом; в Ц разгрузка цемента из железнодорожного вагона; г - перегрузка цемента с одной установка, подающей цемент из склада, на вторую установку, транспортирующую цемент в автомашину.

При помощи установки можно подавать сыпучие материалы не только по горизонтали, но и по вертикали; при этом необходимо увеличить число оборотов спирали до 800 - 1000 об/мин. Высота подъема зависит от прочности спирали.

Опыт показал, что при изготовлении спирали из полосовой стали 5 x 15 и 5 x 18 мм при равных условиях повышается производительность установки на 35 - 40%.

Установки по выгрузке цемента с автомашины на склад и перемещению цемента со склада к дозировочному ящику растворомешалки работали в Москве на строительстве жилого дома. Они были изготовлены непосредственно на стройке.

Спираль можно изготавливать на строительстве без особого оборудования - путем навивки проволоки на круглый сердечник (по предварительно заданному диаметру требуемой спирали) виток к витку; после снятия спирали из сердечника ее равномерно растягивают до заданного шага витков.

При изготовлении спирали необходимо обращать внимание на равномерный шаг витков, так как при неравномерном шаге в шланге может создаться пробка из сыпучего материала при вращении спирали.

Приведенная установка изготовлена по упрощенному варианту, так как она предназначена для погрузки и разгрузки цемента на небольших строительных объектах.

Список использованной и рекомендуемой литературы.

1. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины. 1085 г.
2. Гальперин М.И., Домбровский Н.Г. Строительные машины. 1971 г.
3. Зенков Р.Л., Ивашков И.И., Колобов Л.Н. Машины непрерывного транспорта. 1987 г.
4. Машины и аппараты химических производств. Основы теории и расчета. Под ред. Чернобыльского И.И. 1959 г.
5. Пневмотранспортное оборудование. Справочник. 1988 г.
6. Пневмотранспортные установки. Справочник. 1969 г.
7. Подъемно-транспортное оборудование. Каталог-справочник. 1964 г.
8. Сборник материалов по обмену опытом в строительстве. Новое в производстве строительных материалов. Бюллетень строительной техники № 18, 1956 г.
9. Слесарев ё.М. Приготовление бетонной смеси и строительного раствора. 1979 г.
10. Спиваковский А.О., Дьячков В.К. Транспортирующие машины. 1983 г.
11. Спиваковский А.О., Руденко Н.Ф. Подъемно-транспортные машины. 1948 г.
12. Строительные машины. Под ред. Баумана В.А. Том 2. 1977 г.
13. Строительные машины. Под ред. Горбовца М.Н. Том 2. 19991 г.
14. Строительные машины. Справочник. 1954 г.
15. Финделеев А.С., Чубук ё.Ф. Строительные машины. 1971 г.