

УСТРОЙСТВО БЕТОННЫХ ПОЛОВ ИЗ САМОУПЛОТНЯЮЩЕГОСЯ БЕТОНА

Шестернин И.А.¹

*¹Шестернин Илья Андреевич - Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко, Бендерский политехнический филиал
Бендеры, Молдова*

Аннотация: в статье рассматриваются создание, состав, свойства и преимущества устройства бетонных полов из самоуплотняющегося бетона по сравнению с бетонными полами из обычных бетонов. Благодаря своим свойствам самоуплотняющийся бетон применяют в следующих сферах строительства: при сооружении гидротехнических конструкций; для изготовления сборного железобетона; при строительстве монолитных полов без швов; для конструкций с качественной поверхностью, на которой не требуется дополнительная обработка.

Ключевые слова: самоуплотняющийся бетон, архитектурные конструкции, бетонные полы из самоуплотняющегося бетона.

INSTALLATION OF CONCRETE FLOORS FROM SELF-COMPACTING CONCRETE

Shesternin I.A.¹

*¹Shesternin Ilya Andreevich - Pridnestrovian State University. T.G. Shevchenko,
Bendery Polytechnic Branch
Bender, Moldova*

Abstract: the article discusses the creation, composition, properties and advantages of the device of concrete floors made of self-compacting concrete in comparison with concrete floors made of conventional concrete. Due to its properties, self-compacting concrete is used in the following areas of construction: in the construction of hydraulic structures; for the manufacture of precast concrete; in the construction of monolithic floors without seams; for structures with a high-quality surface, on which no additional processing is required.

Keywords: self-compacting concrete, architectural structures, concrete floors made of self-compacting concrete.

УДК 691.3

Использование бетона в обществе играет жизненно важную роль в повседневной жизни. Бетон является наиболее часто используемым промышленным материалом в мире: ежегодно используется почти три тонны на человека в мире; Его польза для общества огромна, так как он используется для строительства школ, больниц, жилых домов, мостов, туннелей, плотин, канализационных систем, тротуаров, взлетно-посадочных полос, дорог и многого другого. В настоящее время немногие материалы в мире могут соперничать с бетоном по эффективности, цене и эксплуатационным характеристикам – особенно в качестве бетонных полов из самоуплотняющегося бетона.

Самый большой в мире купол из неармированного бетона, Пантеон в Риме, до сих пор находится в отличном состоянии после почти 1900 лет эксплуатации. Бетон сам по себе является прочным строительным материалом, но в этом столетии многие современные бетонные конструкции приходят в негодность. Критическая разница между древними и современными конструкциями заключается в использовании стальной арматуры. С добавлением стали возникают новые проблемы. Основная трудность заключается в коррозии из-за проникновения воды, что может сократить срок службы конструкции и увеличить затраты на техническое обслуживание.

«При раскопках на берегу Дуная археологи обнаружили остатки жилья 5000-летней давности, где полы толщиной 25 см представляли собой доисторическую бетонную заливку: в качестве вяжущего вещества выступала красная глина, армирующим элементом служил мелкий речной гравий».

Таким образом, эволюция бетонного пола идёт с вв. до н.э. и более ранних периодов до настоящего времени по пути совершенствования вяжущего от красной глины до извести.

Небоскреб One57, заверченный в 2014 году в Нью-Йорке, был самым высоким жилым зданием в городе на момент его завершения и является примером того, как кристаллическая технология может использоваться для гидроизоляции в высокопроизводительной среде. Критической проблемой для здания такого размера является сложность тушения пожара на верхних этажах здания.

В таких случаях устанавливается система пожаротушения. Однако эти системы требуют хранения больших объемов воды, а это означает, что протечки, поступающие в блоки или ограждающие конструкции, могут стать проблемой. Кристаллическая мембрана использовалась для гидроизоляции большого бетонного резервуара на 75-м этаже, который установлен на подвесной плите.

Использование внутренней мембраны позволило избежать типичных проблем, связанных с этими резервуарами, которые часто изготавливаются из стали (которая подвергается коррозии), дерева (со временем разлагающегося) или бетона, который опирается на внешнюю мембрану, которая может порваться.

Использование кристаллической технологии для гидроизоляции бетона обеспечивает системе пожаротушения достаточную долговечность, чтобы обеспечить срок службы конструкции без трещин или утечек, которые могут привести к повреждению.

Коррозия закладной стальной арматуры возникает при попадании воды на поверхность бетона. Как естественный пористый материал, бетон склонен к растрескиванию в течение срока службы из-за различных факторов, включая раннюю усадку и нагрузку. Эти трещины становятся каналом для воды и химикатов на водной основе, что приводит к коррозии стали. Это, в свою очередь, поставит под угрозу долговечность конструкции, что приведет к неизбежному сокращению срока ее службы.

Для возникновения коррозии в железобетоне необходимы три компонента: сталь, вода и кислород. Устранение любого из них предотвратит химическую реакцию и повреждения, вызванные коррозией.

Есть две основные причины коррозии стали в железобетонной конструкции:

- Ионы хлорида вызывают локальное разрушение пассивирующей пленки на стали;
- Карбонизация вызывает общее разрушение пассивной пленки.

При коррозии стали образующаяся ржавчина занимает больший объем, чем сама сталь. Это расширение создает растягивающие напряжения в бетоне, что в конечном итоге может привести к отслаиванию, расслаиванию и растрескиванию.

Коррозия армированной стали в бетоне является глобальной проблемой и способствует износу конструкций. На коррозию приходится более 80 процентов всех поврежденных железобетонных конструкций, что влечет за собой значительные затраты на ремонт для стран по всему миру.

Одним из способов предотвращения проникновения воды в бетон является использование внутренней мембраны. Если бетон может самогерметизироваться, блокируя проникновение, материал сам по себе становится гидроизоляционным барьером. Это контрастирует с более традиционными средствами гидроизоляции, которые обычно включают нанесение покрытия или мембраны на бетонную поверхность или установку гидрофильной или поливинилхлоридной (ПВХ) гидроизоляции. Иногда также пытаются предотвратить проникновение влаги путем уплотнения бетона или корректировки состава бетонной смеси.

Применение самоуплотняющегося бетона может только улучшить качество строительного производства и улучшить безопасность на производстве. Метод самоуплотняющейся гидроизоляции бетона доказал свою эффективность благодаря успешному применению в самых разных конструкциях и климатических условиях по всему миру.

В этом методе кристаллические химические вещества способствуют реакции, в результате которой в процессе карбонизации образуются длинные узкие кристаллы. Эти кристаллы заполняют поры, капилляры и микротрещины бетонной массы. Пока присутствует влага, кристаллы продолжают расти по всему бетону.

После высыхания бетона кристаллические химические вещества находятся в состоянии покоя до тех пор, пока не образуются новые трещины (в результате нагрузки или воздействия) и дополнительная вода не начинает проникать в материал, после чего кристаллизация начинается снова.

Кристаллизация позволяет бетону самостоятельно заделывать небольшие трещины без посторонней помощи или усилий по ремонту, уменьшая потребность в дорогостоящем обслуживании конструкции и увеличивая срок ее службы. Процесс самозаживления (аналогичный процессу заживления пореза бумагой, когда кожа со временем стягивается) — это зависящее от времени явление, на которое влияют четыре естественных механизма:

- Образование карбоната кальция или гидроксида кальция;
- Постоянное увлажнение;
- Осаждение частиц;
- Набухание цементной матрицы.

Университет Виктории в Британской Колумбии исследовал влияние реактивной гидрофильной химической гидроизоляционной добавки, добавляемой в процессе приготовления бетонной смеси. Исследования показывают, что введение добавки не только снижает проницаемость бетона, но и улучшает самоуплотняющие свойства бетона.

Для исследования был разработан метод испытаний для моделирования и анализа реальных условий процесса самоуплотнения и исследования влияния гидроизоляционных кристаллических добавок на свойства самоуплотнения.

Кристаллическая технология устраняет необходимость во внешних мембранах, становясь частью самого бетона внутри. За последние несколько десятилетий эта технология была принята строительной отраслью как

превосходная замена обычным мембранам, обеспечивающая гибкость и экономию времени и средств, не имеющих себе равных с традиционными методами гидроизоляции.

"Этот материал уникален тем, что обладает способностью конденсироваться под собственным весом. Проще говоря, когда в опалубку заливаются обычные растворы, необходим герметик для бетона. Рассматриваемый нами тип решений способен полностью заполнять любые формы, даже при изготовлении плотно армированных конструкций.

Технология новая, но, несмотря на это, она используется все чаще и чаще. Наиболее перспективной областью применения таких бетонов является промышленное производство сборного железобетона и строительство монолитных конструкций, таких как, например, высокопрочные бесшовные бетонные полы. Технология не менее востребована при проведении торкретбетонного бетонирования, армирования и восстановления уже используемых конструкций" [5, с. 18-19].

В 70-х годах прошлого века был разработан ряд высокопрочных бетонов, модифицированных рядом добавок-суперпластификаторов. Например, в 1970 году такие составы использовались при возведении монолитных конструкций на нефтедобывающих платформах, эксплуатируемых в особо сложных климатических условиях.

В соответствии с ГОСТ 7473-2010 самоуплотняющийся бетон отличается от обычного бетона пониженным водоцементным соотношением (не более 0,4), при этом достигается высокая обрабатываемость материала: в среднем - 70 см. Прочностные параметры готовых конструкций составляют не менее 100 МПа.

При строительстве и последующей эксплуатации таких конструкций были сформулированы рекомендации и ограничения относительно введения суперпластификаторов: введение суперпластификаторов в определенной дозировке может привести к замедлению схватывания смеси. При транспортировке смеси в течение 1 часа и более эффективность введенной добавки снижается, в результате снижается степень подвижности раствора.

"Применение суперпластификаторов провоцирует расслоение плотной смеси при транспортировке по трубопроводу на расстояние более 200 метров. В результате качество готового продукта значительно снижается. Это обстоятельство следует учитывать особо при промышленном строительстве с использованием специальных бетононасосов.

Широкое внедрение грандиозных строительных проектов продиктовало необходимость производства принципиально нового бетона, отвечающего самым высоким эксплуатационным требованиям. Среди этих требований следует особо отметить сжатые сроки, необходимые как для бетонирования, так и для достижения максимальной прочности готового изделия" [6, с. 84-88].

"История самоуплотняющегося бетона началась в Японии в 1990 году. Там профессор Чайма Окамура создал и внедрил в практику новое поколение добавок к бетону - высокоэффективные добавки для улучшения текучести на основе полиакрилата и поликарбоксилата" [3, с. 40-42].

В результате удалось получить бетон с высокой пластичностью при низком содержании воды. "В дополнение к Окамура, профессора К. Маекава и К. участвовали в создании и разработке самоуплотняющегося бетона. Озава. Однако еще в 1986 году японские ученые разработали особо прочную композицию самоуплотняющегося бетона с рядом уникальных качеств. Новый материал получил название "Sotrasypd Sops " [1, с. 9-15].

Уникальным свойством раствора была возможность уплотнения за счет механической нагрузки собственного веса. В результате разработка нового типа материала позволила отказаться от использования бетонного герметика. Промышленное применение раствора было начато в 1996 году, чуть позже были проведены полноценные испытания материала *in vivo*. Только в 2004 году были окончательно определены особенности эксплуатации самоуплотняющегося бетона и проведена их классификация.

Благодаря своим уникальным свойствам и преимуществам самоуплотняющийся бетон получил широкое распространение в Западной Европе. Сначала он использовался на предприятиях, производивших готовые

железобетонные изделия. Затем самоуплотняющийся бетон начинает активно использоваться в качестве так называемого "транспортного бетона", то есть бетона, который доставляется и укладывается непосредственно на строительную площадку.

Дальнейшая активная разработка и изучение самоуплотняющегося бетона происходили в Германии. Таким образом, после тщательного изучения свойств самоуплотняющегося бетона, проведенного в Институте строительных исследований в Ахене (Германия) в 2000-2001 годах под руководством профессора Вольфганга Брамешубера по заказу компании "Dyckerhoff Beton GmbH", появились первые предпосылки для официального приема и распространения этого материала по всей Европе была создана. Исследования в Ахене показали, что прочность на сжатие самоуплотняющегося бетона обычно выше, чем у обычного "вибрирующего" бетона, а прочность на растяжение, статический модуль упругости, усадка и ползучесть одинаковы. Кроме того, материал обладал отличными водонепроницаемыми свойствами и, таким образом, был официально одобрен и рекомендован для использования при строительстве водонепроницаемых конструкций. Бетон получил название "Dyckerhoff Liquidur" и, благодаря своим уникальным свойствам, начал активно распространяться по строительным площадкам Европы.

Последним аргументом в пользу широкого использования самоуплотняющегося бетона в Западной Европе стала публикация в Берлине Немецким комитетом по железобетону в ноябре 2003 года нормативного документа "DAfStb-Richtlinie Selbstverdichtender Beton (SVB-Richtlinie)". В этом документе подробно описаны термины и взаимосвязи с другими европейскими нормативными документами по строительству, а также методы диагностики самоуплотняющегося бетона. Таким образом, после выхода этого документа самоуплотняющийся бетон был официально одобрен и разрешен к использованию в Европе без необходимости получения дополнительных разрешений, согласований и согласований [2].

В настоящее время активно продолжается изучение самоуплотняющегося бетона и методов его диагностики. Такие исследования проводятся, например, на факультете гражданского строительства Технического университета Берлина под руководством профессора Бернда Хиллемейера и доктора Джеральдин Бухенау. Основная часть материалов этих исследований (вместе с исследованиями других немецких ученых) была опубликована в 2006 году в так называемом "Календаре бетона" в разделе "Специальные бетоны" [4, с. 28-31].

На строительных площадках очень часто приходится сталкиваться с ситуациями, когда использование самоуплотняющегося бетона просто необходимо [1, с. 24-29]:

1. при бетонировании на большой высоте или на воде, когда процесс уплотнения чрезвычайно сложен, требует значительных средств и небезопасен для персонала;

2. при бетонировании плотно армированных конструкций, где обычный бетон не заполняет всю полость опалубки, что впоследствии может привести к дефектам и преждевременной коррозии;

3. при бетонировании конструкций сложной геометрической формы, а также конструкций с особыми требованиями к качеству наружной поверхности.

Если также принять во внимание тот факт, что многие компании уже приобрели высококачественную современную опалубку, а самоуплотняющийся бетон в точности повторяет поверхность опалубки и не имеет пустот и углублений, то использование этого бетона даст заметно более высокое качество наружной поверхности, чем при использовании обычного бетона и полы готовы к финишному декоративному покрытию.

Во многих случаях отпадет необходимость в дальнейшей отделке: шпаклевке и т.д., а это также приводит к значительному снижению затрат на строительство. Кроме того, из-за отсутствия процесса вибрации можно использовать более простую и менее массивную конструкцию опалубки и меньшее количество смеси для стяжки.

Поскольку отпадет необходимость в уплотнении бетонной смеси пола на строительной площадке из-за использования самоуплотняющегося бетона, а бетон можно подавать непосредственно в опалубку, а не сверху, количество персонала, занятого бетонированием, может быть сокращено. Следовательно, можно будет сэкономить деньги и повысить безопасность труда при выполнении бетонных полов из самоуплотняющегося бетона.

Список литературы

1. Александров Я.А. Выбор сырьевых материалов для производства самоуплотняющихся бетонов // Технология бетонов. - 2021. - №3-4. - С. 18-19.
2. Болотских О.Н. Самоуплотняющийся бетон и его диагностика // Технологии бетонов. - 2018. - № 10. - С. 28-31.
3. Болотских О.Н. Бетон который течет и уплотняется сам // Строительство -отраслевой журнал. - 2015. - № 9. - С. 40-42.
4. Коровкин М.О. Исследование эффективности суперпластификатора С-3 в вяжущем низкой водопотребности // Строительство и реконструкция. - 2021. - № 2. - С. 84-88.
5. Оучи М. Самоуплотняющиеся бетоны: разработка, применение и ключевые технологии / Труды 1 -ой Всероссийской конференции по бетону и железобетону «Бетон на рубеже третьего тысячелетия». - М., 2021. - С. 209-215.
6. Мозгалев К.М., Головнев С.Г. Самоуплотняющиеся бетоны: возможности применения и свойства // Академический вестник УралНИИПроект РААСН. - 2021. - №4. - С. 70-74.
7. Несветаев Г.В. Технология самоуплотняющихся бетонов // Строительные материалы. - 2018. - №3. - С. 24-29