

дения. В то же время в составах 2 и 3, твердевших в условиях непосредственного контакта с CO<sub>2</sub> количество кальцита примерно одинаково. В составе 1, изолированного от влияния внешней среды, кальцита к 3 суткам твердения не обнаружено.

По результатам анализа можно сделать выводы.

1. Быстрые потери влаги, которые сопровождали твердение состава 3 не позволили образоваться гидросульфоалюминатам кальция (ГСАК) различных форм. Недостаток ГСАК отрицательно может сказаться на ранней прочности цементного камня.

2. Наибольшее количество портландита зафиксировано в образцах, твердевших в нормальных условиях. Высокая температура и отсутствие защиты цементного камня от испарения влаги привели к тому, что реакция гидратации алита в этот период прошла не полностью, что отрицательно может сказаться на прочности камня. Пониженная температура, при которой твердел цементный камень состава 2, также не позволила в полном объеме пройти гидратации алита.

3. Отсутствие защиты твердеющего камня приводит к взаимодействию Ca(OH)<sub>2</sub> с углекислым газом и образованию большого количества карбонатов кальция и магния. Эти соединения практически отсутствуют в составе, твердевшем в нормальных условиях. Известно, что карбонаты не только снижают прочность цементного камня, но понижают его плотность и другие свойства.

4. Показано, что интенсивное испарение влаги способствует формированию

открытых капиллярных пор, что приводит к развитию коррозионных процессов уже в ранние сроки твердения бетонов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Щерба В. В. *Технология бетонирования конструкций монолитных зданий с предохранением бетона от обезвоживания путем применения пленкообразующих материалов*. Дисс. на соиск. уч. ст. к.т.н., Москва. – 2005. – 119 с.
2. Кравцова О.Н., Старостин Е.Г., Тимофеев А.М. *Влагоперенос в бетонах с различным содержанием противоморозной добавки*. // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*, том 14, №4(5), 2012. – с. 1250-1252.
3. Рамачандран В.С. *Применение дифференциального термического анализа в химии цементов*. М.: - Стройиздат.- 1977.- 408с.
4. Зубехин А. П. *Физико-химические методы исследования тугоплавких неметаллических и силикатных материалов: учеб. пособие для вузов по специальности «Химические технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов»* / А. П. Зубехин. – СПб: «Синтез», 1995. – 190 с.
5. Горшков В. С. *Методы физико-химического анализа вяжущих веществ: учеб. пособие* / В. С. Горшков, В. В. Тимашев, В. Г. Савельев. – М.: Высш. школа, 1981. – 335 с.
6. Ларионова З. М. *Формирование структуры цементного камня и бетона* / З. М. Ларионова. – М.: Стройиздат, 1971. – 161 с.
7. Тацки Л. Н. *Современные физико-химические методы исследования строительных материалов: учеб. пособие* / Л. Н. Тацки, Э. А. Кучерова; Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т. – Новосибирск: НГАСУ, 2005. – 80 с.

УДК 666.97 (075.8)

**Юнис Башир Н.**

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры*

### **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАМЕНЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ТРУБ МОДИФИЦИРОВАННЫМИ. ОЦЕНКА ФАКТОРОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

**Введение.** Традиционно бетонные и железобетонные трубопроводы применяются в водоводах хозяйственно-

бытовой, ливневой, промышленной канализации, дренажных, ирригационно-мелиоративных и т.д [1]. Долговечность

трубопроводов в значительной степени зависит от условий эксплуатации, степени агрессивности среды, и физико-механического состава транспортируемого материала [2]. Основные преимущества использования железобетонных труб – низкая стоимость, прочность и долговечность. Однако данные трубы имеют ряд недостатков: большой вес, дефицитность основного материала (стальная арматура), возможность появления трещин в условиях приложения эксплуатационной нагрузки и другие [1].

**Актуальность проблемы.** Ввиду наличия некоторых недостатков у железобетонных труб, на долю которых приходится около 30% трубопровода Украины, значительная часть магистральных сетей находится в аварийном состоянии. Так, согласно статистике жилищно-коммунального хозяйства [3], всего в Украине 58,1 тыс. км сетей водоснабжения. Более 35% (20,4 тыс. км) из них являются ветхими, то есть, степень изношенности составляет более 90%. 19,5% (11,3 тыс. км) – изношенность в 76-90%, а 22,1% (12,8 тыс. км) – степень изношенности 50-75% (рис. 1).

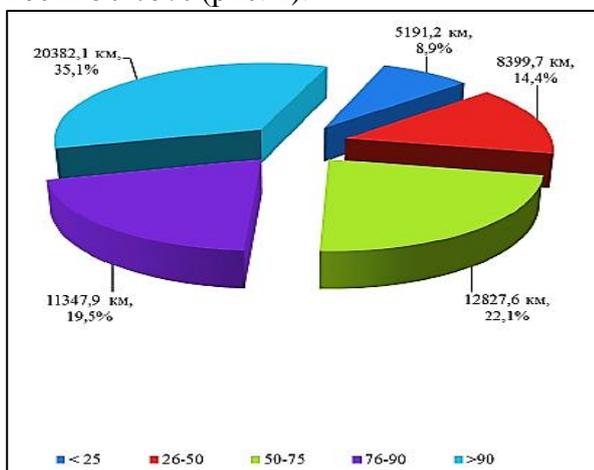


Рис. 1 - Статистические показатели состояния трубопроводных сетей Украины по степени износа (%) 2013г. [1]

Таким образом, применяемые в настоящее время канализационные, хозяйственно-бытовые, дренажные трубопроводы являются аварийными и требуют капитальной реконструкции и модернизации. Как указывает Министерство регионального развития, строительства и

ЖКХ, общая величина затрат, необходимых для восстановления, к примеру, систем водоотведения в Украине может достигнуть 10 млрд. евро. Такая ситуация требует от специалистов всестороннего анализа проблемы и эффективной стратегии ее решения [3]. Ремонтно-восстановительные работы трубопроводных сетей водоснабжения являются затруднительными и малоэффективными ввиду высокой себестоимости реконструкции (рис. 2) [4].

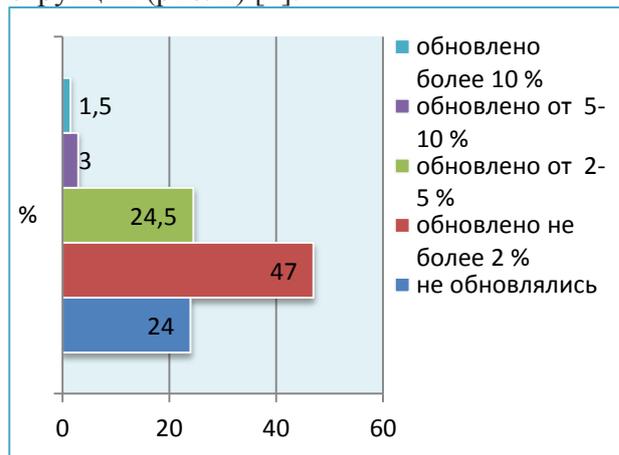


Рис. 2 – Обновление системы водоснабжения [5].

Данные исследования направлены на решение задач, согласно «Программе выведения из кризиса водопроводно-канализационного хозяйства Украины» [2]. Как указывают Гончаренко Д.Ф. и Алейникова А.И., отсутствие инвестиций и оборотных средств, приводит к тому, что система подачи и распределения воды находится в предкризисном состоянии [5]. Учитывая актуальность проблемы реконструкции и замены трубопроводных систем, был проведен анализ возможности замены традиционных железобетонных труб на разработанные трубопроводы из модифицированного бетона.

**Цель исследования.** Целью исследования проблемы является комплексный анализ, оценки состояния трубопроводных систем Украины, выявление и структурирование факторов, оказывающих влияние на показатели надёжности трубопроводов. Определение и обоснование области эффективной замены железобетонных труб на модифицированные трубы.

**Основная часть.** Основными источниками по актуальности вопроса замены железобетонных труб аналогами явились работы Дрозда Г.Я., Сенкевича Т.П., Пустовойтовых О.В и О.М., Гончаренко Д.Ф., Салия Г.Ш., Шагина А.Л., Новохатнина В.Г., Матяша О.В. и других, однако сравнительный анализ железобетонных труб с трубами из модифицированного бетона был изучен недостаточно.

Характерной особенностью современной строительной технологии является применение химических добавок, позволяющими регулировать свойства бетона в широком диапазоне. Как указывает Дворкин О.Л. [6], введение добавок позволяет удешевить процесс изготовления бетона, поскольку дополнительные затраты часто перекрываются уменьшением стоимости необходимых материальных ресурсов, снижением расхода цемен-

та, увеличением межремонтных сроков и т.д. Учитывая значительную протяжённость трубопроводов, снижение стоимости строительства может быть достигнуто путём экономии сырья, используемого для производства труб. Мероприятия по совершенствованию структуры трубопроводов, прежде всего, должны быть направлены на повышение их качественных показателей, таких как надёжность, экономичность и долговечность [4]. В предыдущих исследованиях [1], прочности бетона при растяжении и модификации путём введения минеральных добавок, был разработан комплекс методов, благодаря чему была достигнута прочность мелкозернистого модифицированного бетона  $R_{bt}=72-79 \text{ кг/см}^2$ , что в 2 раза выше чем показатель бетона без модификации (рис. 3).



Рис. 3 – Оптимальное воздействие модификаторов для получения максимальной прочности бетона при растяжении ( $R_{bt} \rightarrow \max$ ).

Предложенная модификация бетона позволяет значительно повысить несущую способность бетонной трубы.

Экономический эффект при производстве труб из модифицированного бетона складывается из уменьшения требуемых производственных площадей, исключения затрат на изготовление, сварку и монтаж арматурных каркасов, работ по устройству обмазочной битумной гидроизоляции на наружной поверхности изделий, а так же за счёт повышения долговечности изделий до 1,5-2 раз. Экономический расчет [8,1] показал, что себестоимость железобетонных труб и труб из модифицированного бетона соответственно составляет 370 USD/м<sup>3</sup> и 179,5

USD/м<sup>3</sup>. Таким образом, сегодня появилась реальная возможность замены морально устаревших железобетонных трубопроводов на универсальные современные трубопроводы из модифицированных труб.

**Понятие эффективности.** Затрагивая вопрос эффективности наиболее полное определение, отображающее суть понятия звучит следующим образом: *эффективность* – это показатель соотношения возможных результатов целевого применения предлагаемого решения и затрат, обеспечивающих его достижение. Для того чтобы среди возможных вариантов решений найти наилучший и наиболее эффективный, необходимы критерии,

характеризующие эффективность достижения поставленных целей. Этот критерий должен быть выражен в виде определённых показателей — критерия оптимальности, который бы однозначно характеризовал любой из возможных вариантов реализации решения. Наилучшим вариантом решения при этом следует считать тот, который даёт в зависимости от конкретной задачи и принятого критерия оптимальности минимальное или максимальное значение [9].

#### **Эффективность трубопроводов.**

Рассматривая понятие эффективности относительно видов трубопроводов, автор столкнулся с тем, что в литературе нет точных показателей, так называемых критериев оптимальности, которые бы давали объективную характеристику трубам. В различных источниках, описывающих трубопроводы, приводятся те или иные признаки и показатели; так одни исследователи считают основными факторами качества труб экономичность, соблюдение гигиенических требований, устойчивость к различным воздействиям, другие же приводят в пример иные, не упоминая первых. Кроме этого производители трубопроводов часто игнорируют описания характеристик на соответствующий товар, не упоминая недостатки, которые часто бывают существенными. Следует отметить, что при описании характеристик строительных изделий не обходимо установить, насколько строго соблюдаются требования нормативных документов (ДБН, ГОСТов, СНиПов). Данная тенденция затрудняет качественную оценку трубопроводных систем и выбор однозначно эффективного варианта.

В связи с этим был проведен комплексный анализ показателей и критериев при изучении специализированной научной литературы, требований соответствующих стандартов, нормативных документов, в вследствие чего были выявлены и сформированы факторы оценки трубопроводов, которые их наиболее

полно характеризуют. Для определения значимости выявленных факторов, влияющих на эффективное использование и оценки качества трубопроводов был использован экспертный метод, который включает в себя: анализ показателей существующих трубопроводов, труб, используемых в качестве строительных изделий для водоводов хозяйственно-бытовой, ливневой, промышленной канализации, дренажных, ирригационно-мелиоративных сетей; согласование результатов проведенного анализа; выявление основных факторов, которые в наибольшей мере влияют на эффективное использование и качество трубопроводов, что позволит выявить преимущества и недостатки каждого из видов. Результаты проведенной работы представлены в табл. 1.

В ходе экспертного анализа были исследованы следующие вопросы: какие из факторов являются основными при оценке эффективного использования и качества трубопроводов; степень влияния каждого определённого фактора на качество и эксплуатационные показатели трубопроводов.

Полученные данные позволяют проследить наиболее значимые факторы: прочность, устойчивость к образованию трещин, экономичность, коррозионная стойкость, водопоглощение.

Наименьший потенциал имеет фактор звукопроводности ввиду незначительности при эксплуатации в сети водоводов. Полученные приоритеты соответствуют требованиям нормативных документов на соответствующие изделия, и могут применяться для оценки, а так же сравнения различных видов трубопроводных систем из различных материалов. В результате предложенная экспертная оценка позволяет сделать сравнительный анализ эффективности рассматриваемых видов трубопроводов в сети водоснабжения, с учётом рейтинга потенциала каждого из факторов, которая представлена в табл. 2.

Таблица 1- Экспертная оценка влияния факторов на эффективность использования трубопроводов

№	Наименование фактора	Весомость фактора, %	Экспертная оценка	Потенциал
1	прочность	5	5	25
2	морозостойкость	4,995	4	19,98
3	экономичность	4,999	5	24,995
4	экологичность	4,965	4	19,86
5	трудовые затраты	4,943	4	19,772
6	долговечность	4,999	5	24,995
7	объёмная масса (вес)	4,874	5	24,37
8	дополнительные расходы	4,895	4	19,58
9	огнестойкость	3,967	1	3,967
10	пропускная способность	4,971	4	19,884
11	теплопроводность	4,983	4	19,932
12	коррозийная стойкость	4,947	5	24,735
13	звукопроводность	3,812	0	0
14	технологичность производства	4,917	4	19,668
15	устойчивость к агрессивным воздействиям	4,999	5	24,995
16	пористость	4,857	4	19,428
17	ремонтпригодность	4,979	3	14,937
18	устойчивость к атмосферным воздействиям	3,991	1	3,991
19	устойчивость к образованию трещин	4,999	5	24,995
20	электропроводность	3,93	1	3,93
21	водопоглощение	4,996	5	24,98
сумма		100,0		
<b>комплексная оценка</b>				<b>359,014</b>

**условные обозначения :**

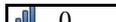
 максимальный показатель потенциала	 0 уровень потенциала
 минимальный показатель потенциала	 5 оценка степени значимости фактора (по пятибалльной шкале)

Таблица 2 - Сравнительная характеристика железобетонных и бетонных трубопроводов из модифицированного бетона

№	Наименование фактора	Железобетонные трубопроводы	Бетонные трубопроводы из модифицированного бетона
1	Прочность	Высокая	Высокая
2	Трещиностойкость	Низкая	Высокая
3	Устойчивость к агрессивным средам	Низкая	Высокая
4	Экономичность	Высокая себестоимость	Высокая
5	Долговечность	Относительно высокая	Более высокая (по частоте отказов)
6	Водопоглощение	Низкое	Более низкое
7	Коррозийная стойкость	Низкая	Высокая

№	Наименование фактора	Железобетонные трубопроводы	Бетонные трубопроводы из модифицированного бетона
8	Объёмная масса (вес)	Большой собственный вес	Относительно малый собственный вес
9	Морозостойкость	Высокая	Высокая
10	Теплопроводность	Высокая	Низкая
11	Пропускная способность	Не высокая	Высокая
12	Экологичность	Высокая	Высокая
13	Трудовые затраты	Значительные	Незначительные
14	Технологичность производства	Не высокая	Высокая
15	Дополнительные расходы	Наличие дополнительных	Простота в монтаже и транспортировке
16	Пористость	Низкая	Низкая
17	Ремонтопригодность	Низкая	Высокая
18	Устойчивость к атмосферным воздействиям	Высокая	Высокая
19	Электропроводность	Высокая	Низкая
20	Огнестойкость	Высокая	Более высокая
21	Звукопроводность	Высокая	Низкая

**Выводы.** В связи с приведенными данными обоснованным обстоятельством является замена малоэффективных железобетонных труб альтернативными модифицированными бетонными трубами.

Хорунжий П.Д. и Хомуцецкая Т.П.[4] отмечают, что инновационной технологичной моделью системы водоснабжения называется такая совокупность технологий, которая реализуется, которая обеспечивает хотя бы один показатель её работы лучше существующих значений, а все остальные – не хуже предельно допустимых. Проведенный анализ доказывает эффективность замены железобетонных труб разработанными модифицированными трубопроводами, которые обоснованно можно назвать инновационной технологичной моделью системы водоснабжения Украины. Массовое внедрение в производство предложенных трубопроводов является важной задачей, решение которой может обеспе-

чить дальнейшее снижение стоимости строительства и будет дополнительным существенным резервом экономии материала и финансовых затрат.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. Ильин Ю.А. Расчет надежности подачи воды. – М.: Стройиздат, 1987. – 320 с.
2. Семененко Н.В, Юнис Б.Н. Определение прочности материала труб по данным предельных разрушающих нагрузок// Збірник наукових праць Української Державної Академії залізничного транспорту №113.-Харків.-2010.-с.103-105.
3. <http://www.water.ks.ua/index.php/opredpriyati/napravleniyarazvitiya/vodootvedenie/315-2012-04-04-11-31-11.html>
4. Хорунжий П.Д., Хомуцецка Т.П. сучасні інноваційні заходи для поліпшення господарсько-питного водопостачання//Наук. Вісн. Будівництва.-Харьків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2011.-Вип.65.-С.315-317.
5. Гончаренко Д.Ф., Алейникова А.И Анализ состояния магистральных водоводов системы водоснабжения г. Харькова. Фак-

- торы, влияющие на их эксплуатационную долговечность // *Наук. Вісн. Будівництва.- Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2013.- Вип.72.-С.369-375.*
6. Дворкин О.Л. Эффективность химических добавок в бетонах // *Бетон и железобетон. – 2003. – № 4. – С. 23–25.* Абрамов Н.Н. Надежность систем водоснабжения. – М.: Стройиздат, 1979.– 231 с.
  7. Гончаренко Д.Ф., Забелин С. А., Бондаренко Д.А., Старкова О.В. Лабораторные исследования прочностных характеристик стеклопластиковых труб для ремонта и восстановления сетей водоотведения // *Научовий вісник будівництва. - Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2013.- Вип. 70. - С. 71-78.*
  8. Вандоловский А.Г., Юнис Б.Н. Повышение прочности бетона при растяжении путём его модификации // *Научовий вісник будівництва №57 Харків, -2010.- с. 206-212.*

УДК 628.334

**Чернышев В.Н., канд. техн. наук, Зятина В.И., аспирант**  
*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры*

### ИССЛЕДОВАНИЕ ИЛОТДЕЛЕНИЯ ВО ВЗВЕШЕННОМ СЛОЕ ОСАДКА В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ АКТИВНОГО ИЛА

Для илоотделения осветлители со взвешенным слоем осадка применяются в сооружениях биологической очистки – аэротенках-отстойниках, аэротенках-осветлителях и окситенках [1-3]. Кроме того, эти сооружения используются и в технологии глубокой минерализации осадков городских сточных вод [4,5]. Обычно при биологической очистке концентрация ила по сухому веществу в иловой смеси, поступающей на илоотделение, находится на уровне 1,5 – 4 г/л. В зависимости от седиментационных свойств и концентрации активного ила гидравлическая нагрузка на илоотделители при этом составляет 0,5–3 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·час.

В технологии глубокой минерализации осадков илоотделители со взвешенным слоем работают при более высоких концентрациях активного ила, что требует уточнения технологических параметров их работы и конструктивных решений. Исследования на производственных сооружениях глубокой минерализации осадка показали, что повышение концентрации ила в минерализаторе наблюдается, особенно когда на минерализацию подается смесь активного ила и сырого осадка. Установлено, что в этом случае концентрация взвешенных веществ может возрасти до 16 г/л, тогда как устойчивая работа илоотделителя обеспечивается при концентрации ила 8–10 г/л. Ак-

туальностью данной работы являются отсутствие данных о работе осветлителя, при повышенных концентрациях активного ила, а также отсутствие расчетных зависимостей, для данного типа обрабатываемого осадка [4]. При более высоких концентрациях в илоотделителе обнаруживается рост высоты взвешенного слоя. Соответственно сокращается высота защитного слоя, наблюдается вынос с иловой водой некоторой части взвешенного слоя. Для исключения таких явлений приходится уменьшать количество подаваемого осадка в минерализатор, а, следовательно, и в илоотделитель, при этом гидравлическая нагрузка и производительность илоотделителя падает.

Целью работы является определение и расчет основных технологических параметров работы осветлителя со взвешенным слоем осадка, для увеличения его пропускной способности.

Поиски решений по увеличению производительности илоотделителя в условиях повышенных концентраций поступающего ила вызывают необходимость обратиться к рассмотрению процессов, протекающих при формировании взвешенного слоя. Физическая сущность явления взвешенного слоя заключается в изменении гидравлических условий обтекания частиц жидкостью при увеличении ее скорости [3,5]. Из-за взаимной