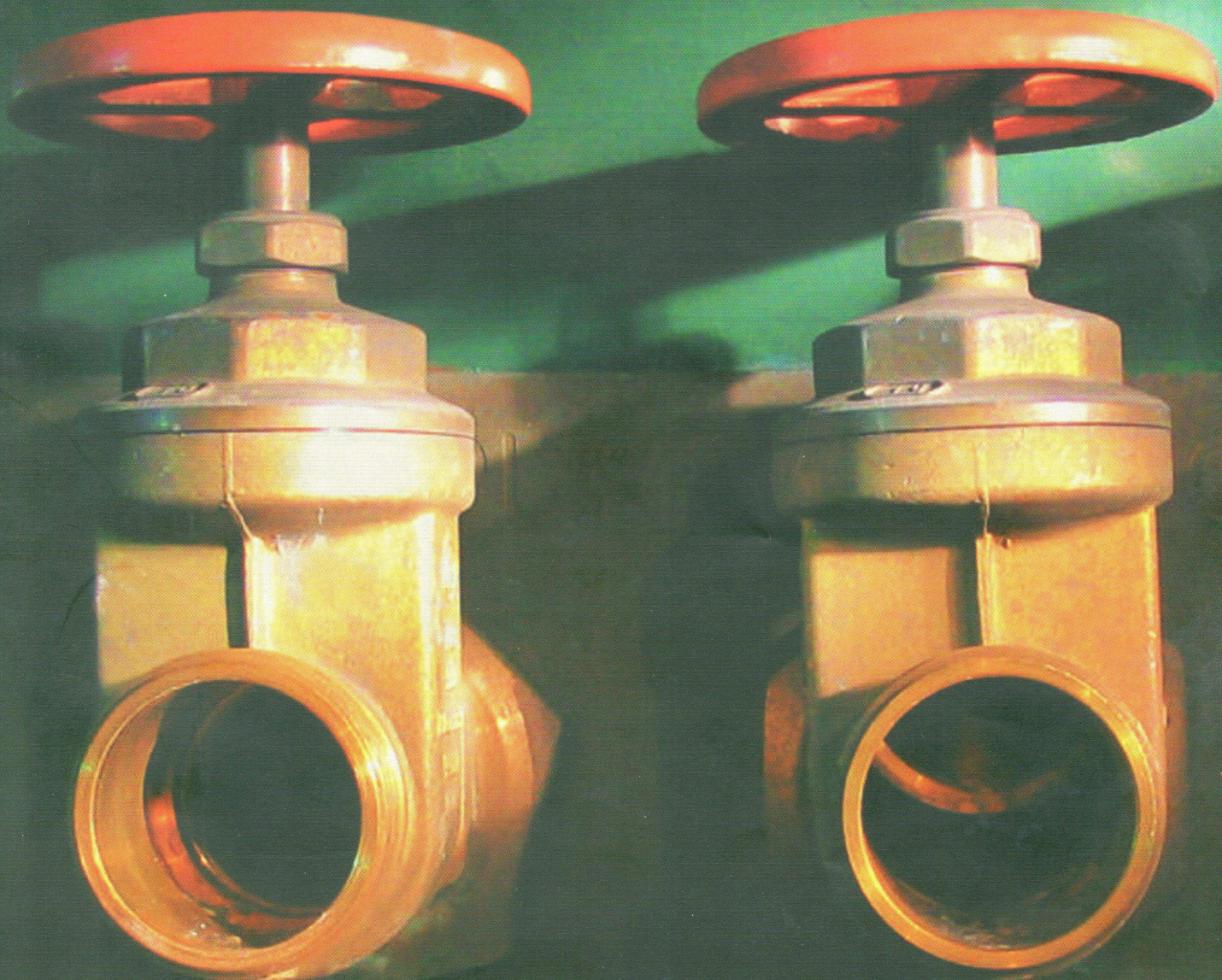


# ВОДА MAGAZINE

№1 (89) Январь 2015

[www.watermagazine.ru](http://www.watermagazine.ru)

**На Ставрополье построены новые очистные сооружения Казьминского водопровода**

**Очистка сточных вод от биогенных элементов с помощью мембранных биореакторов**

**Проблемы методической базы для анализа реагентов водоподготовки**

**Особенности проектных решений наружных сетей из полимерных материалов**

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ ПО УПРАВЛЕНИЮ ОТХОДАМИ,  
ПРИРОДООХРАННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ  
И ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

**ВэйстТэк 2015**  
WasteTech 2015  
www.waste-tech.ru

**27-28 мая 2015 г.**  
МВЦ «Крокус Экспо», Москва, Россия

Международная конференция  
**«ОБРАБОТКА И УТИЛИЗАЦИЯ  
ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД  
В КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ  
И ПРОМЫШЛЕННОСТИ»**



#### О конференции

Управление осадком сточных вод в настоящее время является одной из наиболее острых экологических проблем. Этот вопрос часто требует индивидуального поиска конкретных решений для предотвращения негативного воздействия на окружающую среду и возникновения непредвиденных затрат.

Целью данной конференции, проводимой в рамках **ВэйстТэк-2015**, является обсуждение устойчивой стратегии управления осадком сточных вод. Большое внимание будет уделено вопросам его повторного использования и рециклинга, а не только вопросу простого захоронения. Совместное проведение конференции и выставки повышает плодотворность работы на мероприятии и предоставляет дополнительные возможности для встречи с промышленными предприятиями, компаниями-производителями оборудования и операционными компаниями.

В ходе заседаний будут также рассмотрены вопросы, связанные с проблемами и перспективами внедрения новых разработок и технологий в области обработки и утилизации осадка сточных вод, направленных на достижение ресурсосбережения и энергоэффективности в жилищно-коммунальном комплексе и промышленности.

#### Важные даты

- **25 января 2015 г.** - крайний срок приема материалов
- **27 февраля 2015 г.** - уведомление авторов о форме выступления и включении в программу
- **2 марта 2015 г.** - срок окончания ранней регистрации для участия
- **26-27 мая 2015 г.** - регистрация участников конференции
- **27-28 мая 2015 г.** - заседания конференции

#### Тематика конференции

- ✓ Техническая политика и законодательство в области управления осадком сточных вод
- ✓ Санитарно-гигиенические и экологические аспекты обработки, размещения и утилизации осадка сточных вод
- ✓ Технологические схемы обработки осадка и опыт их эксплуатации
- ✓ Аэробная и анаэробная стабилизация осадка
- ✓ Обезвоживание осадка
- ✓ Термическая обработка осадка
- ✓ Энергосберегающие технологии обработки осадка. Энергетическое использование осадка сточных вод.
- ✓ Утилизация и размещение осадка
- ✓ Очистка возвратных потоков от сооружений обработки осадка
- ✓ Совместная обработка осадка с другими отходами
- ✓ Методы извлечения специфических компонентов из осадка и их последующей утилизации
- ✓ Экологический мониторинг осадка сточных вод, оценка экологического риска при их размещении и утилизации

#### Публикации и выступления

Оргкомитет конференции приглашает выступить с докладом по интересующей теме. С правилами оформления докладов и презентаций можно ознакомиться на сайте [www.sludgeconference.ru](http://www.sludgeconference.ru)

#### Стоимость участия и регистрация на конференцию

Условия участия в конференции изложены на сайте [www.sludgeconference.ru](http://www.sludgeconference.ru).

#### ВэйстТэк-2015

Конференция будет проходить в рамках работы деловой программы международного форума по управлению отходами, природоохранным технологиям и возобновляемой энергетике **ВэйстТэк** – самого крупного мероприятия по этой тематике в России и странах ближнего зарубежья.

Актуальная информация о **ВэйстТэк-2015** представлена на сайте [www.waste-tech.ru](http://www.waste-tech.ru).

Читайте новости форума **ВэйстТэк-2015** и конференции в  и 

#### Контактная информация



Наталья Коновалова  
+7 (495) 225 59 86, 782 10 13  
konovalova@ecwatech.ru

Приглашаем и будем искренне рады видеть вас среди участников конференции и выставки!

[www.sludgeconference.ru](http://www.sludgeconference.ru)



## От традиционного к новому

### Особенности проектных решений наружных сетей водоснабжения и водоотведения из полимерных материалов

Не в последнюю очередь надежность и эксплуатационные характеристики сетей водопровода и канализации определяются материалами, из которых выполнены их элементы: трубы, колодцы, резервуары и др. Традиционно применяемые для этих целей материалы - бетон и железобетон, сталь и чугун - хорошо зарекомендовали себя в данном качестве, поэтому подавляющее большинство действующих сетей построено на их основе. Однако эти материалы обладают рядом недостатков.

В настоящее время все более широкое распространение получает применение пластиковых труб и колодцев, выполненных из полиэтилена, полипропилена и поливинилхлорида. По сравнению с традиционными материалами полимеры обладают рядом преимуществ. Меньший удельный вес обеспечивает таким изделиям лучшую транспортабельность, снижает требования к оборудованию, применяемому при монтаже, а иногда и вообще позволяет отказаться от его использования. Химическая стойкость и неподверженность коррозии позволяет использовать изделия из пластика для хранения и транспортировки широкого спектра веществ и обеспечивает длительный срок эксплуатации.

Дополнительными преимуществами полимерных колодцев перед железобетонными является то, что они, как правило, являются изделиями заводского изготовления (то есть поставляются на объект в полном комплекте), а также возможность проектирования и изготовления колодцев с индивидуальными размерами и конфигурацией патрубков. Первое означает, что непосредственно на объекте не требуется проведение дополнительных операций по сборке элементов колодца и установке трубопроводной арматуры, что может существенно сократить время монтажа. Второе облегчает работу проектировщика, поскольку позволяет не отвлекаться на конструктивные особенности колодцев при трассировке сетей и построении профиля.

Соединение элементов колодца посредством сварки в заводских условиях вкюпе с материалом, не подверженным коррозии под действием агрессивных грунтовых вод, обеспечивает высокий уровень защиты от проникновения в колодец воды извне. Данное свойство производители зачастую не вполне верно называют герметичностью.

Указанные преимущества полимеров способствуют все большему их

**Наружные сети водоснабжения и водоотведения на основе изделий из полимеров находят все более широкое применение. Однако проектирование таких сетей нередко осуществляется с использованием устаревших подходов, принципов и методик, что приводит к ошибкам, неверной оценке негативных факторов и защитных мероприятий, следствием чего является увеличение затрат на строительство сетей.**

применению при создании наружных инженерных сетей. Поэтому на многих объектах как промышленного, так и гражданского назначения уже эксплуатируются системы водоснабжения и водоотведения, полностью выполненные из полимерных материалов.

Но, в отличие от широкого распространения пластиковых труб, внедрение пластиковых колодцев идет сравнительно медленно, что объясняется рядом причин.

Дело в том, что применение полимерных изделий сопряжено с рядом проблем, без решения которых нельзя рассчитывать на широкое применение пластиковых элементов в наружных сетях. Эти проблемы связаны с некоторыми особенностями таких систем как объектов проектирования, которые требуют изменения традиционных подходов, правил и методик. Игнорирование этих особенностей приводит к ошибкам на стадии проектирования, которые, в свою очередь, проявляются на стадии монтажа и эксплуатации. Все это формирует распространенное, но не всегда обоснованное отрицательное отношение к пластиковым колодцам, емкостям и т.п.

Данные особенности, в зависимости от причин, можно разделить на три группы:

1. Материал колодцев (различные пластики) по ряду физических свойств существенно отличается от материалов, традиционно применяемых в строительстве. Разумеется, эти отличия необходимо учитывать на всех стадиях осуществления проекта, но это особенно важно на стадии его разработки. Главное, что нужно понимать: применение любого материала накладывает определенные ограничения на возможные технические решения. То есть при разработке пластиковых элементов инженерных сетей применение традиционных методик и принципов проектирования не всегда корректно.

Необходимо учитывать, что полимерные материалы существенно легче традиционных. Малый вес при большом объеме колодца или камеры приводит к тому, что изделия из поли-

мерных материалов в большей степени подвержены всплытию в присутствии грунтовых вод. Соответственно, это требует реализации дополнительных защитных мероприятий по предотвращению всплытия. Например, для дополнительного пригруза колодцев их устанавливают на бетонные плиты, либо в самом колодце выполняют специальную камеру для бетонирования, которая при монтаже сети заполняется бетонным раствором (рис. 1).

Отсюда возникает необходимость расчета на всплытие, целью которого является определение необходимой массы плиты, либо высоты камеры для бетонирования. Конечно, методика расчета на всплытие колодцев существует [1]. Однако она разрабатывалась для колодцев с гладкими стенками. Полимерные же колодцы часто изготавливаются из гофрированных труб. Это существенно меняет характер взаимодействия между стенкой и грунтом, что должно быть учтено в расчете. Отсутствие проверенных методик расчета на всплытие позволяет некоторым производителям необоснованно утверждать, что гофрированные колодцы вообще не подвержены всплытию, что, разумеется, не соответствует истине. Расчет камеры для бетонирования осложняется еще и тем, что использование камеры увеличивает общую высоту колодца, от которой зависит распределение сил, действующих на колодец, что, в свою очередь, приводит к изменению результатов расчета.

Другой важной особенностью является то, что большинство пластиков имеют существенно меньшую механическую прочность по сравнению с бетоном или сталью. Это накладывает прежде всего определенные ограничения на условия применения и конструкцию элементов сети, вызванные недопустимостью слишком больших нагрузок от окружающего грунта. Поэтому каждое конструктивное решение должно быть подтверждено расчетами.

Для обеспечения требуемой надежности и работоспособности инженерных сетей проектировщик при раз-



работке проекта должен быть вооружен целым арсеналом методик расчета на прочность различных элементов полимерного колодца, либо обоснованными рекомендациями по их параметрам: глубине заложения, высоте горловины и т. д. На сегодняшний день существует только одна «официальная» методика расчета на прочность, применимая для горизонтальных пластиковых трубопроводов и приведенная в приложении Д к СП 40-102-2000 [2]. Несмотря на то, что этот расчет проводится с учетом профиля трубы, сама методика содержит большое количество эмпирических коэффициентов и представляется пригодной только для очень приблизительных расчетов. В то же время за рубежом существуют более подробные исследования по этому вопросу [3].

Из сказанного следует, что имеется насущная потребность в ряде расчетных методик, ориентированных специально на полимерные компоненты систем водоснабжения и водоотведения. Одним из перспективных направлений решения этой задачи является адаптация существующих методик расчета на прочность к условиям применения полимерных изделий. Расчеты на прочность следует проводить с учетом влияния профиля трубы, нелинейного характера деформации пластика, а также, по возможности, с применением трехмерного моделирования.

2. Полимерные колодцы и камеры, как правило, являются изделиями заводской комплектации, то есть поставляются на объект в собранном виде. Это обычно считается достоинством, поскольку практически исключает необходимость проведения сборочных операций и тем самым сокращает время монтажных работ. Однако данный подход сопряжен с рядом возможных проблем. С одной стороны, любая серьезная ошибка, допущенная на стадии проектирования или изготовления колодцев, либо изменение условий строительства (отметки земли, глубина заложения трубопровода и т. п.) обычно приводит к необходимости изменения параметров уже поставленных на площадку изделий. С другой стороны, монтажная организация своими силами практически не в состоянии внести какие-либо изменения в конструкцию и размеры полученных изделий, поскольку обычно не имеет ни рабочих нужной квалификации, ни соответствующего оборудования. А ведь в некоторых случаях отклонения от проекта бывают настолько серьезные, что требуют замены колодцев.

Все это приводит к увеличению издержек, повышает цену ошибки и требует большей ответственности и внимательности как от проектировщика, так и от производителя полимерных изделий. Именно эта особенность

вкупе с неподготовленностью многих проектных институтов к применению полимерных материалов в своих проектах и слабой технической оснащённостью отдельных производителей зачастую приводит к незапланированному увеличению затрат на строительство наружных сетей из полимерных материалов.

3. Колодцы и камеры из полимерных материалов являются сравнительно новым продуктом, а все новое распространяется с трудом. В данном случае проблемы, обусловленные новизной, можно разделить на несколько аспектов.

Первый аспект - *психологический* - заключается в том, что полимерные колодцы «непривычны» как для проектировщиков, так и для строительных и эксплуатирующих организаций. Вынужденные работать с полимерными изделиями в условиях недостатка информации, без отработанных методик, они зачастую используют устаревшие подходы. Кроме того, проблемы, вызванные недостаточной проработкой технических решений, дополнительно отпугивают даже опытных специалистов, как бы убеждая их в ненадежности и нерентабельности применения полимерных материалов. Да и само слово «пластиковый» до сих пор ассоциируется в нашем сознании с чем-то дешевым и ненадежным. Психологическая проблема «нового» усугубляется еще и тем, что руководящие должности в различных организациях строительной отрасли, в том числе в проектных институтах, как правило, занимают возрастные специалисты. Можно сказать, что широкое применение изделий из пластика в наружных инженерных сетях сопряжено с изменением философии проектирования, что непосредственно связано со следующим аспектом.

Второй аспект - *образовательный* - связан с тем, что в учебных программах даже самых крупных специализированных вузов имеются в лучшем случае лишь отрывочные сведения о пластиковых элементах сетей водоснабжения и водоотведения. В профильных учебниках содержатся общие сведения о полимерных трубах и чрезвычайно мало информации о полимерных колодцах. Тем самым еще больше усугубляется первый, психологический, аспект проблемы.

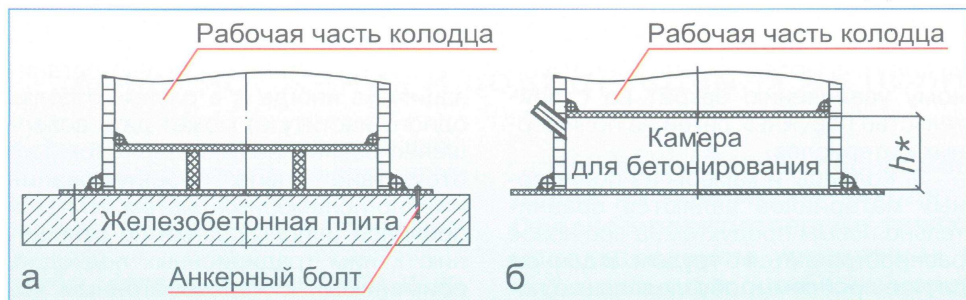
Третий аспект - *методический*. Выше уже упоминался недостаток специализированных методик для расчета элементов полимерных систем водоснабжения и водоотведения. В дополнение к этому можно говорить о плохой проработке общих принципов применения полимерных изделий на инженерных сетях и нехватке опыта и навыков проектирования таких систем у большинства проектных институтов. Отсутствие общепризнанных методик расчета приводит к тому, что каждый

проектировщик вынужден решать эти задачи в меру своих способностей и знаний. Самое плохое в этой ситуации - отсутствие единых принципов и подходов. Расчет на всплытие, выполненный в двух разных проектных организациях (а иногда и в разных отделах одного института) может дать совершенно разные результаты. К тому же отсутствие опыта проектирования именно полимерных систем является причиной использования по отношению к ним традиционных подходов, применимых к железобетонным колодцам, но не всегда работающих в отношении полимерных. Все это вносит неразбериху в проектную работу в этой области.

Четвертый аспект - *нормативный* - определяется неготовностью российской нормативной базы к широкому применению полимерных изделий. Можно привести только один пример: в п. 4.16 СНиП 2.04.03-85 указано, что «высоту рабочей части колодцев..., как правило, необходимо принимать 1800 мм» [4]. Подобная рекомендация хороша для колодцев из сборных железобетонных колец: минимальная высота рабочей части набирается из стандартных колец высотой 300 мм, а оставшаяся часть выбирается за счет горловины. При этом давление грунта на плиту перекрытия обычно не способно привести к ее деформации. Однако для пластиковых колодцев слепое применение этого пункта неприемлемо, поскольку при большой высоте колодцев горловина получается слишком высокая, что приводит к пропорциональному росту давления грунта на перекрытие рабочей части. Это приводит к большим деформациям и даже повреждению колодца из-за того, что перекрытие рабочей части пластикового колодца выполняется из полимерного листа. И даже несмотря на наличие в упомянутом пункте СНиПа пресловутого «как правило», которое фактически разрешает задавать любую высоту рабочей части, такие колодцы встречаются в проектах довольно часто. Особенно это свойственно проектам сетей, которые изначально разрабатывались под бетонные колодцы, но затем по согласованию с заказчиком заменялись на пластиковые. Нормативный аспект усложняется общей неустойчивостью нормативной базы в области строительства. Несмотря на то что большая часть норм и правил актуализирована, новые своды правил фактически находятся на нелегальном положении. Действие технического регламента «О безопасности зданий и сооружений» до сих пор обеспечивается неактуализированным Перечнем, введенным в действие распоряжением правительства РФ № 1047-р. Надо заметить, что даже в актуализированных сводах правил вопросы применения полимерных изделий на сетях водоснабже-



**Рис. 1.** Способы защиты пластиковых колодцев от всплытия: а - посредством установки на железобетонную плиту; б - с использованием камеры для бетонирования.



ния и канализации практически не проработаны.

Пятый аспект - *экономический* - зачастую является определяющим в выборе материала, причем обычно не в пользу пластика. Надо признать, что полимерные изделия, как правило, дороже аналогичных изделий из железобетона или стали. Причем даже экономия за счет сокращения сроков монтажа не спасает положения. Именно дороговизна колодцев отпугивает большинство заказчиков, хотя высокая цена колодцев окупается за счет большего срока службы. Высокая стоимость, в первую очередь, обусловлена новизной этих систем. В условиях рыночной экономики цена определяется спросом, поэтому новая продукция, не получившая широкого применения, всегда имеет более высокую цену, чем традиционная. Можно надеяться, что со временем полимерные системы водоснабжения и водоотведения будут использоваться более широко, что приведет к снижению их стоимости.

Указанные выше аспекты учитываются в научно-технической деятельности нашей компании.

В частности, автором статьи разработан ряд расчетных методик, которые успешно применяются в работе компании, в том числе комплекс методик расчета полимерных изделий на всплытие. В первую очередь, это методики расчета на всплытие вертикальных колодцев как с гофрированной, так и с гладкой стенкой. Расчет построен на использовании известных законов физики и механики грунтов, однако учитывает многие факторы, влияющие на устойчивость колодцев в грунте: свойства грунтов, профиль стенки колодца и его геометрические размеры, уровень грунтовых вод (УГВ). Он позволяет оценить, нужно ли дополнительно увеличивать массу пластикового колодца, и если нужно, то насколько. Разработаны методики, которые могут быть использованы для расчета дополнительного пригруза при разных способах его организации: для внешнего пригруза в виде плиты и для камеры бетонирования внутри колодца (рис. 1).

Расчет камеры для бетонирования сводится к определению ее высоты.

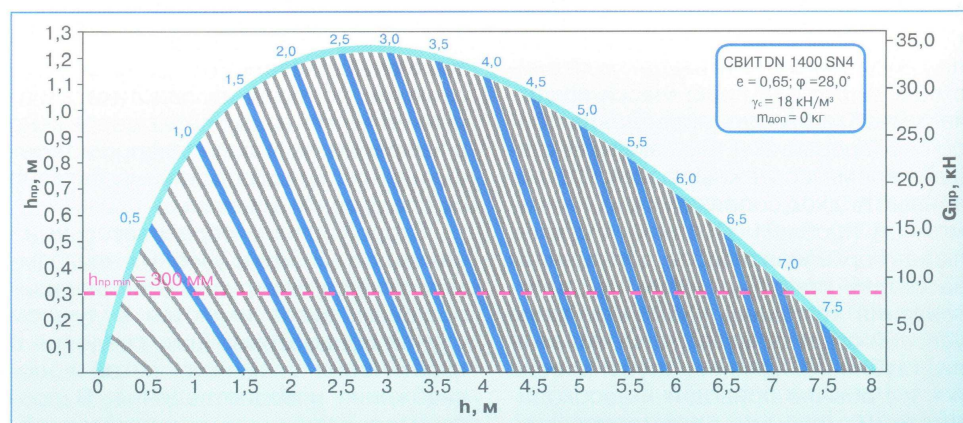
Это многоэтапный и достаточно сложный расчет, однако его можно легко автоматизировать посредством даже самых примитивных и общедоступных средств автоматизации вычислений. Для того чтобы упростить работу проектировщику, математические зависимости сведены в номограмму, которую можно применять для приблизительной оценки высоты пригрузочной камеры. На рис. 2 приведен пример такой номограммы для полиэтиленовых колодцев, выполненных из спиральной трубы внутренним диаметром 1400 мм. Во врезке также указаны свойства грунта, которые использовались для расчета.

Помимо основной задачи - определение величины дополнительного пригруза - решалась и более общая проблема: поиск закономерностей,

позволяющих без проведения расчета дать рекомендации по мерам защиты от всплытия в тех или иных условиях. Проанализировано влияние различных факторов, в частности зависимость дополнительной массы от уровня грунтовых вод. Среди прочего введено понятие «критический уровень грунтовых вод». Критический УГВ определяет минимальное заглубление грунтовых вод, при котором в данных условиях пластиковый колодец гарантированно не будет всплывать. Эта характеристика зависит не только от свойств грунта, но и от размеров колодца. На рис. 3 приведены зависимости критического УГВ от высоты колодца для полиэтиленовых колодцев без горловины. Свойства грунтов, заложенные в данном расчете, соответствуют тем, что приведены на рис. 2.

Из графиков на рис. 3 видно, что функция критического уровня грунтовых вод от высоты колодца имеет экстремум, а это значит, что есть некий максимальный критический УГВ, при достижении которого колодцы не будут подвержены всплытию независимо от высоты. Например, если обеспечить на объекте понижение уровня грунтовых вод до 2 м от поверхности земли, для полиэтиленовых колодцев диаметром до 2 м включительно не потребуется проведения каких-либо дополнительных мероприятий по защите от всплытия. Таким об-

**Рис. 2.** Номограмма для расчета на всплытие



**Рис. 3.** Зависимость критического уровня грунтовых вод от высоты колодца

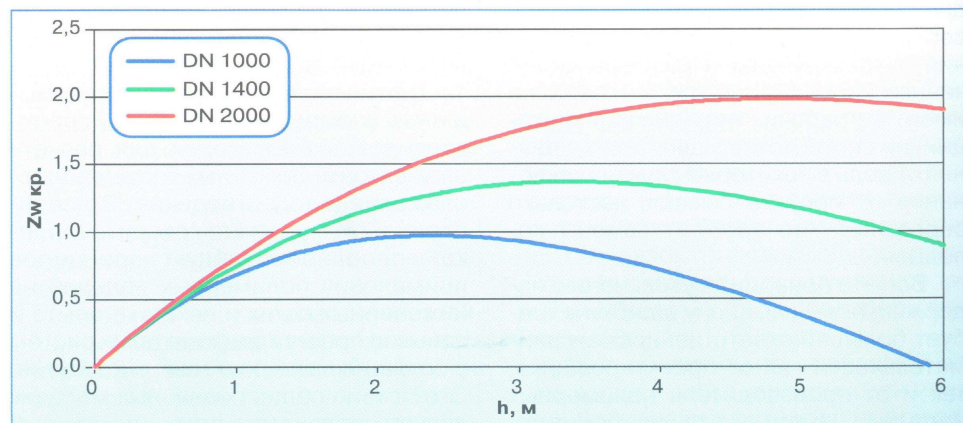




Рис. 4. Номограмма для расчета на всплытие горизонтальных камер

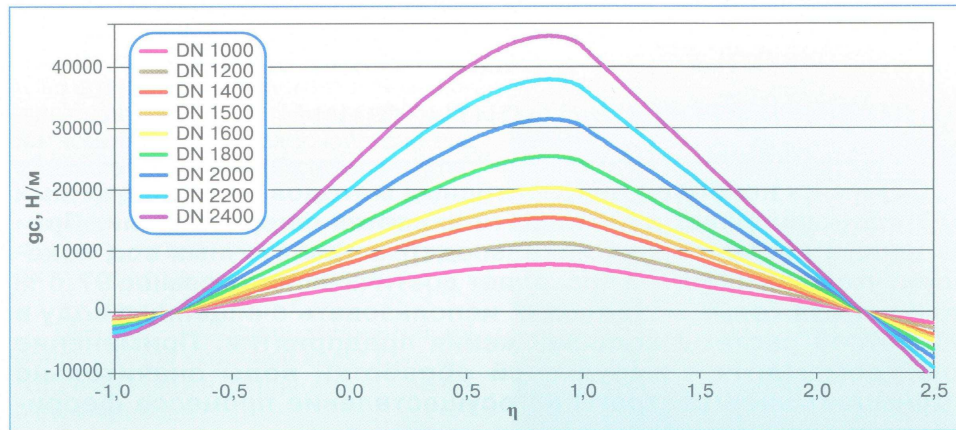
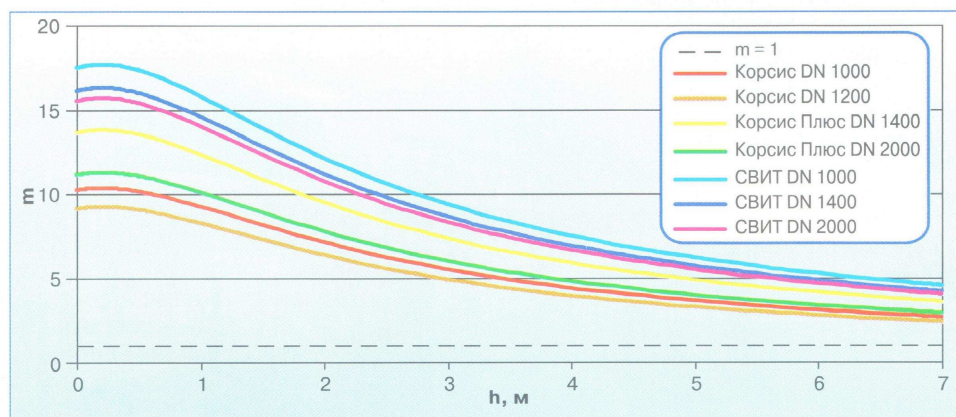


Рис. 5. Зависимость коэффициента запаса по прочности от высоты колодца



разом, данные зависимости могут служить для обоснования мер по организации дренажа на объектах, оборудованных полимерными инженерными сетями. Нужно только помнить, что значения на приведенных графиках будут зависеть от свойств грунта вокруг колодцев.

Разрабатываются также методики расчета на всплытие для горизонтальных камер и емкостей. Анализ показывает, что горизонтальные камеры круглого сечения в большей степени подвержены всплытию, чем вертикальные колодцы и при прочих равных условиях требуют большей массы дополнительного пригруза, в качестве которого целесообразнее всего использовать железобетонные плиты. На рис. 4 приведена номограмма для расчета веса плиты на метр длины камеры в зависимости от глубины заложения при максимальном уровне грунтовых вод. По горизонтальной оси отложена безразмерная глубина заложения  $\eta$  - отношение глубины горизонтальной оси камеры к ее наружному диаметру.

Видно, что с увеличением диаметра возрастает и величина пригруза, и для камер большого размера она становится весьма существенной. Например, максимальный вес пригруза на метр длины для камеры диаметром 2000 мм превышает 30 000 Н, что соответствует 3 тоннам массы на метр. Однако с увеличением глубины заложения

величина дополнительной массы быстро падает и при достижении определенного значения  $\eta_{кр} \approx 2,2$ , установка плиты не требуется. Таким образом, величину  $\eta$  можно считать основным критерием, служащим для оценки опасности всплытия горизонтальных емкостей и мер по его предотвращению. Приведенное критическое значение данного критерия достаточно близко к результатам, полученным ранее в исследованиях по определению условий всплытия полимерных труб [5]. При этом само понятие такого безразмерного критерия вводится впервые.

Кроме того, ведутся работы по совершенствованию методик прочностных расчетов. В частности, известный из сопротивления материалов метод расчета тонкостенных оболочек [6] адаптирован автором статьи для расчета полимерных колодцев, выполненных из профилированных труб. Если в оригинальной методике в формулу для определения напряжений в стенке входят ее диаметр и толщина, то при расчете напряжений в стенке колодца следует учитывать еще и то, что она не сплошная. Для этого в расчетную формулу был введен коэффициент влияния профиля, увеличивающий расчетные значения напряжений.

Одним из результатов применения этой методики стали приведенные на рис. 5 зависимости коэффициентов запаса по прочности от высоты при

действии давления грунта и транспортной нагрузки для колодцев, изготовленных из полиэтиленовых труб различного типа профиля и диаметра. Из графиков видно, что при высоте колодца до 7 метров стенка имеет не менее чем двукратный запас по прочности. Разумеется, эта методика расчета носит скорее оценочный характер и нуждается в уточнениях, в частности, требуется более точный учет влияния формы профиля, давления грунта во впадинах гофрированной стенки и того факта, что некоторые трубы не являются цельными, а изготавливаются методом сварки и спиральной намотки.

Результатом научной и проектной работы стали несколько уникальных документов, содержащих полезные сведения для проектировщиков. В 2013 году был разработан альбом типовых проектных решений «Колодцы канализационные из полиэтилена». В настоящее время готовятся к печати «Рекомендации по проектированию наружных сетей водоснабжения и водоотведения на основе колодцев из полиэтилена», включающие подробное описание приведенных выше методик, анализ применяемых технических решений и множество другой информации. Мы считаем, что публикуемые материалы и наш опыт могут быть интересны не только проектировщикам и другим специалистам, работающим в данной области, но и преподавателям специализированных вузов при создании учебников, современных методических пособий и курсов лекций.

**Денис Карпенко,**  
главный инженер  
проектно-технического отдела  
ЗАО «Производственная Компания  
Наружные Инженерные Сети»  
(г. Москва)

#### Литература

1. Механика грунтов, основания и фундаменты: Учеб. пособие для строит. спец. вузов / С. Б. Ухов, В. В. Семенов, В. В. Знаменский и др.; под ред. С. Б. Ухова. - 3-е изд., испр. - М.: Высш. шк., 2004. - 566 с.: ил.
2. СП 40-102-2000. Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования. - М.: МНТКС, 2000. - 30 с.
3. Watkins R. K. Structural mechanics of buried pipes / R. K. Watkins, L. R. Anderson. - Boca Raton: CRC Press, 2000. - 438 с.
4. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. - М.: ЦИТП, 1986. - 72 с.
5. Pipe Flotation: [Электронный ресурс] // ADS Technical Note. - 2007. - 5.05. - 5 с. ([http://www.ads-pipe.com/en/installation/references/pdfs/A5.05-Pipe\\_Flotation.pdf](http://www.ads-pipe.com/en/installation/references/pdfs/A5.05-Pipe_Flotation.pdf)). Проверено 20.10.2014.
6. Беляев Н.М. Сопротивление материалов / Н.М. Беляев. - М.: Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1976. - 608 с.