

УДК 624.141.52 : 628.2

В.И.НИКИТЕНКО

УкркоммунНИИПроект, г.Харьков

ВОЗВЕДЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СТВОЛОВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ

Описываются конструкция и ресурсосберегающая технология сооружения вертикальных стволов, позволяющие снизить трудоемкость их возведения над действующими канализационными коллекторами глубокого заложения.

Вопросы ресурсосберегающих технологий, повышения экологической безопасности систем водоотведения, эксплуатируемых в разнообразных условиях (включая агрессивные среды, воздействие влаги, давление грунтовых масс, перепады температур), их своевременного и эффективного технического обслуживания, ремонта и реконструкции трубопроводов из-за старения или преждевременного износа для городских коммунальных служб являются приоритетными.

В последнее время все большее внимание уделяется бестраншейным технологиям восстановления водоотводящих сетей. Особенностью работ, связанных с обновлением канализационных сетей глубокого заложения путем бестраншейных технологий, является непременная технологическая связь, которую можно осуществлять между пространством горизонтальной выработки и поверхностью с помощью вертикальных стволов. Возведение последних является сложным процессом. В зависимости от глубины, диаметра, типа крепи общие затраты ресурсов, в том числе людских, здесь составляют более 20%.

Особенно резко возрастают затраты при сооружении стволов в тяжелых инженерно-геологических условиях, когда приходится применять специальные методы производства работ (водопонижение, замораживание грунтов и др.).

Для стволов, имеющих несложную конфигурацию, но, как правило, значительно заглубленных и возводимых в стесненных условиях, нельзя применять конструктивно-технологические решения, соответствующие открытому методу строительства.

Эффективными способами строительства подземных сооружений на стесненных площадках пока признаны способ опускного колодца, погружаемого в тиксотропной рубашке, и строительство в траншеях-щелях под тиксотропными суспензиями. Однако "стена в грунте" неприменима на площадках с рыхлыми, насыпными и плавунными грунтами, с грунтовыми водами, имеющими большие напоры и скорости потока.

Нерационально применение "стены в грунте" для вертикальных стволов малого поперечного сечения, так как возможно обрушение внутреннего целика при замыкании оконтуривающей траншеи [1].

В литературе противоречивыми являются оценки экономической эффективности методов строительства подземных сооружений с применением опускных сооружений, "стены в грунте" [2, 3].

В настоящее время накоплен опыт проектирования и строительства, подтверждающий целесообразность применения опускной крепи (опускного колодца) при возведении вертикальных стволов небольших диаметров с заглублением от 10 до 70 м. Наиболее широкое распространение получило сооружение опускной крепи вертикальных стволов в тиксотропной рубашке с принудительным задавливанием [4, 5]. Однако такая технология требует устройства громоздких опорных колец и сложных домкратных систем. В свою очередь, эксплуатация домкратных установок увеличивает энергетические расходы на погружение опускной крепи, снижая тем самым ее эффективность.

Вибрационный способ принудительного погружения опускных колодцев рационально применять для цилиндрических сооружений диаметром не более 3 м и только в несвязных, не имеющих твердых включений грунтах.

При реконструкции канализационных сетей глубокого заложения приходится возводить вертикальные стволы, пересекая действующие коллекторные тоннели и не прекращая пропуск сточных вод.

В отечественной и зарубежной литературе отсутствуют примеры подобных сооружений. В таких случаях невозможно применять классические конструктивно-технологические решения опускного колодца или "стены в грунте". Поэтому разработка ресурсосберегающих и эффективных, простых конструктивных решений, позволяющих сооружать вертикальные стволы над действующими подземными коммуникациями, является актуальной. Наиболее возможным решением проблемы может быть комбинация опускного колодца, дающая возможность использовать эффективность последнего, и подрачивания, с помощью которого можно осуществить проходческие работы в месте пересечения ствола и тоннеля.

Для подтверждения теоретических обоснований данного метода и определения его эффективности были проведены исследования, целью которых являлись:

- проверка предположения о сокращении фактических трудозатрат при внедрении опускной крепи для вертикальных стволов;
- определение размеров незакрепляемых проемов в грунтовой массе при проходке ствола подрачиванием в натуральных условиях.

Конструктивно-технологические решения внедрены при погружении вертикальных стволов над существующими коллекторными тоннелями в г.Харькове (рис.1).

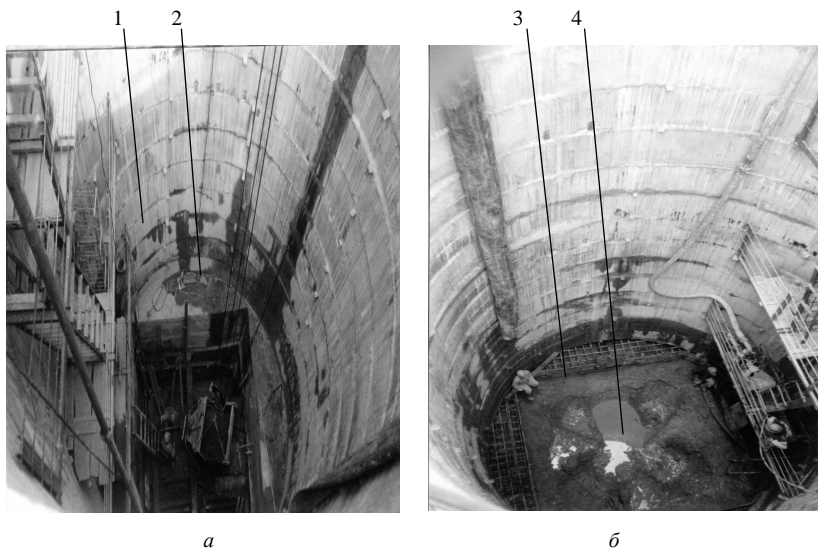


Рис.1 – Ствол, возведенный над действующим канализационным тоннелем комбинацией опускного колодца и подрачивания:

а – общий вид сверху; *б* – фрагмент устройства опорного венца и вскрытия тоннеля;
1 – опускной колодец; 2 – колодец, пройденный методом подрачивания (КМП);
3 – внутренний опорный венец (армирование); 4 – существующий канализационный тоннель.

Верхняя часть ствола – опускной колодец (ОК) с наружным диаметром 8,3 м, погруженный в тиксотропной рубашке на глубину 13,35 м до отметки на 2 м выше шельги коллектора. Нижняя часть ствола – вписанный квадратный колодец со стороной 4,9 м, пройденный методом подрачивания (именуемый в дальнейшем КМП), заглубленный на 5,5 м. Опускной колодец в уровне ножевой части соединен с КМП внутренним переходным опорным венцом.

Строительство ствола было осуществлено на площадке со сложными инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями. С поверхности до глубины 10,2 м залегают четвертичные аллювиальные илистые или песчаные отложения, подстилаемые палеогеновыми глауконитовыми алевритистыми и мергелистыми глинами с небольшими прослойками песчаников в верхней части харьковского яруса и чередующимися маломощными прослойками песчаников и глин в

нижней части харьковского и киевского ярусов. Пески однородные, имеющие средневзвешенные значения угла внутреннего трения $\varphi_p=25^0$, удельного сцепления $c_p=0,001$ МПа, суффозионными свойствами не обладают. Харьковские и верхнекиевские глауконитово-кварцевые, слюдяные глины в естественном залегании и в водонасыщенном состоянии характеризуются твердой и полутвердой консистенцией, средневзвешенными значениями угла внутреннего трения $\varphi=15^0$ и удельного сцепления $c=0,015$ МПа, неоднородны, разбиты многочисленными трещинами.

При испытании глин, имеющих влажность в естественном состоянии от 0,84 до 0,94, удельное сцепление изменялось в сторону уменьшения незначительно, углы внутреннего трения снижались в среднем на 1^0 .

Грунтовые воды представлены двумя водоносными горизонтами: аллювиальным четвертичным с уровнем на 2,0 м ниже поверхности земли; харьковско-верхнекиевским, напорным с уровнем на 17,7 м ниже поверхности.

Коэффициент фильтрации в песчаной толще достигает 4 м/сут, глинах – 0,16 м/сут. Так как прогнозный водопиток в ствол определен в объеме до $20\text{м}^3/\text{ч}$, уровень грунтовых вод в аллювиальных отложениях был понижен с помощью трех глубинных скважин.

Выполнению основных работ по возведению вертикального ствола предшествовало устройство форшахты восьмигранной формы в плане, стены которой были из монолитного бетона толщиной 0,5 м и высотой 1 м. При бетонировании в стены форшахты были вмонтированы деревянные отбойники, которые не позволяют стенам опускного колодца касаться внутренних поверхностей форшахты, а также уменьшают силы трения при возможных перекосах и исключают зажатие колодца форшахтой при значительных кренах.

Разработку грунта ядра форшахты производили грейфером с доработкой и планировкой днища вручную.

После устройства форшахты была смонтирована металлическая обечайка, установлена арматура и уложен бетон ножевой части опускного колодца. После набора бетоном 70% прочности по верху ножа смонтировали железобетонные тубинги.

Фактическую трудоемкость (T_y) монтажа 1 м^2 вертикального ограждения ствола рассчитывали по формуле

$$T_y = \frac{\sum t_i N_i}{S_{эл} k_{np}}, \quad (1)$$

где t_i – рабочая продолжительность i -й операции, определенная путем хронометражных натуральных наблюдений, ч; N_i – число рабочих, занятых на выполнении i -й операции, чел.; $S_{эл}$ – площадь монтируемого элемента, м²; k_{np} – коэффициент потери рабочего времени, равный 0,9.

Структура и продолжительность цикла монтажа одного тьюбинга, удельная трудоемкость и затраты машинного времени на 1 м² первичной крепи из сборных железобетонных элементов вертикального ствола $d_H = 8,3$ м приведены в табл.1.

Таблица 1

№ п/п	Элемент цикла	Продолжительность, мин./тьюнинг			Уд. трудоемкость, чел.-ч/м ²	Состав звена	Механизмы
		минимальная	максимальная	средняя за 30 наблюдений	Затраты маш. времени, маш.-ч/м ²		
1	Подготовка тьюбинга к монтажу (очистка поверхностей от грязи, наплывов бетона, проверка закладных деталей и др.)	4	7	5	0,11/0,03	Монтажник IVр-1 Монтажник IVр-1 Машинист крана VIp-1	Кран К-162
2	Подача тьюбинга к месту установки	1	2	1,5	0,03/0,01	Монтажник IVр-1 Монтажник IVр-1 Машинист крана VIp-1	Кран К-162
3	Установка элемента с удержанием на крюке, маркшейдерский контроль	11	14	13,0	0,38/0,10	Монтажник IVр-1 Монтажник IVр-1 Машинист крана VIp-1 Макшейдер-1	Кран К-162
4	Предварительная сварка закладных деталей	7	12	10	0,15/0,08	Сварщик Vр-1 Монтажник IVр-1	Эл.-свар. аппарат
5	Возврат стрелы в исходное положение (месту складирования тьюбингов)	1	1,5	1	0,01/0,01	Машинист VIp-1	Кран К-162
ИТОГО				30,5	1,68/0,23		

Анализ данных табл.1 показывает, что удельная трудоемкость монтажа первичной крепи опускного колодца экспериментального ствола находится ниже соответствующих показателей, приведенных в работе [3] с применением "стены в грунте".

Трудоемкость технологических процессов зависит не только от трудозатрат на отдельные циклы, но и от количества технологических операций. Очевидно, что чем больше приемов применяется, тем больше будет затрачено человек-часов и машино-смен.

Основные технологические операции, выполненные при погружении опускного колодца ствола в производственных условиях, в сравнении с другими методами [3, 4] приведены в табл.2.

Таблица 2

№ п/п	Виды технологических операций	Опускной колодец комбинированной конструкции в тиксотропной рубашке	Опускной колодец в тиксотропной рубашке с задавливанием	«Стена в грунте» по технологии НИИСП и Укрводоканал-проекта
1	2	3	4	5
1	Устройство форшахты	+	+	+
2	Организация и эксплуатация растворного узла	+	+	+
3	Изготовление ножа	+	+	-
4	Монтаж сборных железобетонных элементов	+	+	+
5	Рытье траншеи для стен в грунте	-	-	+
6	Погружение колодца: разработка грунта, исправление крена, ликвидация выноса грунта	+	+	-
7	Разработка грунта из котлована	-	-	+
8	Устройство щебеночной подготовки по дну траншеи для стен в грунте	-	-	+
9	Укладка бетона методом ВПТ в траншею слоем 1-1,5 м	-	-	+
10	Заполнение пазух между панелями и наружной стеной траншеи щебнем с последующим нагнетанием цементного раствора, а также с внутренней стороны панелей крупнозернистым песком	-	-	+
11	Цементация затюбингового пространства, полости тиксотропной рубашки	+	+	-
12	Омоноличивание стыков с приваркой металлической полосы к сборным элементам	+	+	+

1	2	3	4	5
13	Устройство гидроизоляционной рубашки	+	-	-
14	Монтаж направляющих шаблонов (постоянных или съемных)	-	-	+
15	Устройство монолитной железобетонной обвязочной балки по верху панелей	+	+	+
16	Монтаж домкратной установки и ее эксплуатация	-	+	-
17	Вдавливание ножевой части в грунт	-	+	-
Примечание: (+) – технологическая операция необходима (-) – технологическая операция не требуется				

Из этой таблицы следует, что, применяя опускной колодец комбинированной конструкции в тиксотропной рубашке, приходится выполнять меньше технологических операций, которые отличаются простотой.

Возведение верхней части ствола и ее погружение осуществляли квазистатическим методом, суть которого сводится к монтажу первичной крепи ярусами малой высоты (как правило, равной высоте двух-трех колец, 1,50-2,25 м) с последующим устройством монолитной железобетонной рубашки и погружением за один цикл на 0,3-0,6 м (рис.2).

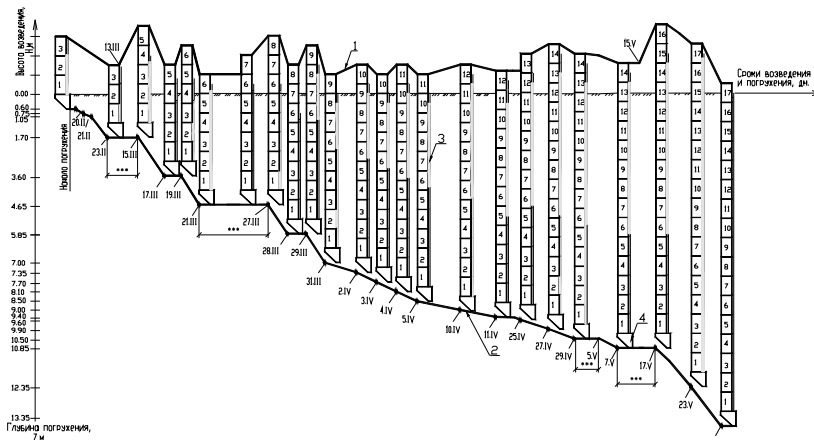


Рис.2 – График погружения опускной крепи вертикального ствола над действующим коллектором:

1 – возведение конструкций; 2 – погружение опускной крепи; 3 – кольца опускной крепи; 4 – ножевая часть; *** – простой непроизводительного характера

Конструкция нижней части вертикального ствола и технология его возведения были приняты по теоретическим разработкам [6, 7], согласно которым при узких и глубоких колодцах горизонтальное давление грунта, достигнув максимального значения, снижается и может отсутствовать. Это обстоятельство позволило, используя метод подращивания, осуществить в натуральных условиях проходку нижней части ствола узкими захватками с незакрепленными проемами шириной не более 1 м, высотой до 1,5 м.

Выводы

1. Разработаны конструктивно-технологические решения комбинации опускного колодца и подращивания для возведения вертикальных стволов малого сечения и глубокого заложения над существующими подземными коммуникациями, которые получили практическое подтверждение.

2. В результате производственного эксперимента:

- получены данные о том, что удельная трудоемкость монтажа первичной обделки опускной крепи вертикальных стволов диаметром до 9,0 м на 12% ниже соответствующих показателей в случае применения для этих целей "стены в грунте";
- установлено, что, применяя метод подращивания в глинах твердой и полутвердой консистенции, проходку вертикальных стволов в месте его пересечения с действующими тоннелями следует осуществлять узкими захватками с незакрепленными проемами шириной не более 1 м и высотой до 1,5 м.

3. Показаны возможность и целесообразность применения опускной крепи в тиксотропной рубашке без принудительного погружения для строительства подземных сооружений, представляющих собой узкие цилиндрические полости глубиной свыше 20 м.

1. Гинзбург Л.К., Швец В.Б. Снижение уровня подземных вод с помощью лучевых дренажей // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1984. – №5. – С.12-14.

2. Воронков Р.В. Передовые методы возведения подземных сооружений на застроенных территориях. – Л.: ЛДНТП, 1970. – 46 с.

3. Опыт возведения сооружений методом "стена в грунте" / Филахтов А.Л., Лубенец Г.К., Писанко Н.В., Янкулин М.Г. – К.: Будівельник, 1981. – 236 с.

4. Амбрамсон Х.И., Сандуковский Э.В., Самойлов В.П., Цай Т.Н. Строительство подземных сооружений в неустойчивых и пльвунных породах методом погружения крепи в тиксотропной рубашке // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1974. – №2. – С.6-8.

5. Ширай Г.Т., Щепетков А.П., Литинский Ю.В. Проходка шахтных стволов с применением опускных сооружений. – М.: Недра, 1984. – 260 с.

6. Лучковский И.Я. Взаимодействие конструкций с основанием. – Харьков: Изд-во ХГПУ, 2000. – 263 с.

7. Лучковский И.Я., Никитенко В.И. Определение максимальных размеров незакрепляемых проемов в грунтовом массиве при устройстве вертикальных стволов над действующими коллекторами // Науковий вісник будівництва. Вип.19. – Харків: ХДТУБА, 2002. – С.71-77.

Получено 07.02.2003

УДК 666.942.16

В.П.ТИМОФЕЕВА, канд. техн. наук

Северо-Восточный научный центр НАН и МОН Украины, г.Харьков

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ И ПРИРОДООХРАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕМЕНТА НА ОСНОВЕ ДОБАВОК НОВОГО КЛАССА

Разработаны полиминеральные добавки нового класса, позволяющие при изменении их качественного состава или соотношения “клинкер - гипс - добавка оптимального состава” получить на основе рядового порландцементного клинкера по обычной технологии, применяемой на цементных заводах, высокопрочные цементы марки 550, 600, 700 и специальные цементы с заданными свойствами.

Одной из важнейших областей народного хозяйства Украины является производство строительных материалов и изделий, от уровня производства которых во многом зависят темпы и качество строительных работ.

Главное место в номенклатуре строительных материалов занимает цемент. Различные эксплуатационные условия строительства зданий и сооружений обуславливать разнообразные требования к цементам: повышенная прочность при нормальной или высокой температуре (жаростойкие, огнеупорные); стойкость против действия различных кислот, солей, щелочей; шлакостойкость; проницаемость или непроницаемость для жидкостей, газов, тепла, холода, электрического тока, радиоактивности. До настоящего времени не разработана технология получения цемента с такими универсальными свойствами. Вместе с тем цементная промышленность является самой энерго- и теплоемкой отраслью промышленности строительных материалов. В структуре себестоимости цемента затраты на топливо и электроэнергию достигают 60%; из общего количества потребляемой при этом электроэнергии до 40% расходуется на помол цемента и до 30% – на обжиг клинкера. Особенно большие тепло- и электрозатраты при получении высокопрочных цементов специального назначения, использование которых сегодня возрастает. Снижение расхода топлива и электроэнергии, их рационального использования при производстве цемента с