

К.т.н. Еремин В. Я.

технический директор фирмы РИТА,

Телефоны: 443-18-84; 443-75-60  
моб. 765-64-66

E-mail: kv@rita.com.ru

## **КРЕПЛЕНИЕ БОРТОВ ГЛУБОКИХ КОТЛОВАНОВ**

## **Основные нормативные документы**

- СНиП 2.06.07-87** Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения.
- СНиП 3.02.01-87** Земляные сооружения, основания и фундаменты.
- СП 50-101-2004** Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений.
- МДС 12-23.2006** Временные рекомендации по технологии и организации строительства многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в Москве.
- МДС 50-1.2007** Проектирование и устройство оснований, фундаментов и подземных частей многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов.
- МГСН 2.07-01** Основания, фундаменты и подземные сооружения.
- ВСН 506-88/Минмонтажспецстроя СССР.** Проектирование и устройство грунтовых анкеров. – М., 1989.
- Руководство по проектированию и технологии устройства анкерного крепления в транспортном строительстве.** Минтрансстрой. М., 1987.
- Пособие по производству работ при устройстве оснований и фундаментов (к СНиП 3.02.01-83)/ НИИОСП им. Н.М.Герсеванова.** – М.: Строиздат, 1986.

## Актуальность проблемы

С древних времен люди осваивают подземное пространство. Начинали с использования пещер и других подземных полостей, созданных природой. Много тысяч лет назад люди стали создавать искусственные полости в грунте, добывая полезные ископаемые, строя транспортные тоннели, подземные сооружения для собственной защиты и хранения материальных ценностей. Многие знают о тоннелях, построенных задолго до нашей эры для канализования и водоснабжения Рима, Афин и многих других древних городов.

Первый транспортный тоннель, достоверная информация о котором дошла до наших дней, был построен около 4500 лет назад под рекой Ефрат шириной в этом месте более 150 метров. Тоннель строили открытым способом, и возможно впервые в столь значительном объеме выполнялось крепление бортов котлована.

В настоящее время количество транспортных средств приближается к числу жителей, поэтому остро встала проблема парковки автомашин особенно в крупных городах, где нет свободной земли для расширения улиц и устройства открытых парковок. Путь два: или вверх, или вниз.

Вверх - строить дешевле, но в черте городов с исторической застройкой строить парковки над землей почти не возможно.

Остается строить вниз, что дороже и сложнее.

Глубина котлованов в массовом строительстве в СССР не превышала 3-4 метров. Отдельные случаи устройства глубоких котлованов для строительства уникальных объектов (электростанций, плотин, защитных сооружений, станций метро, при их возведении открытым способом, и единственной подземной автостоянки у ВДНХ), оставались практически не известными для большинства проектировщиков.

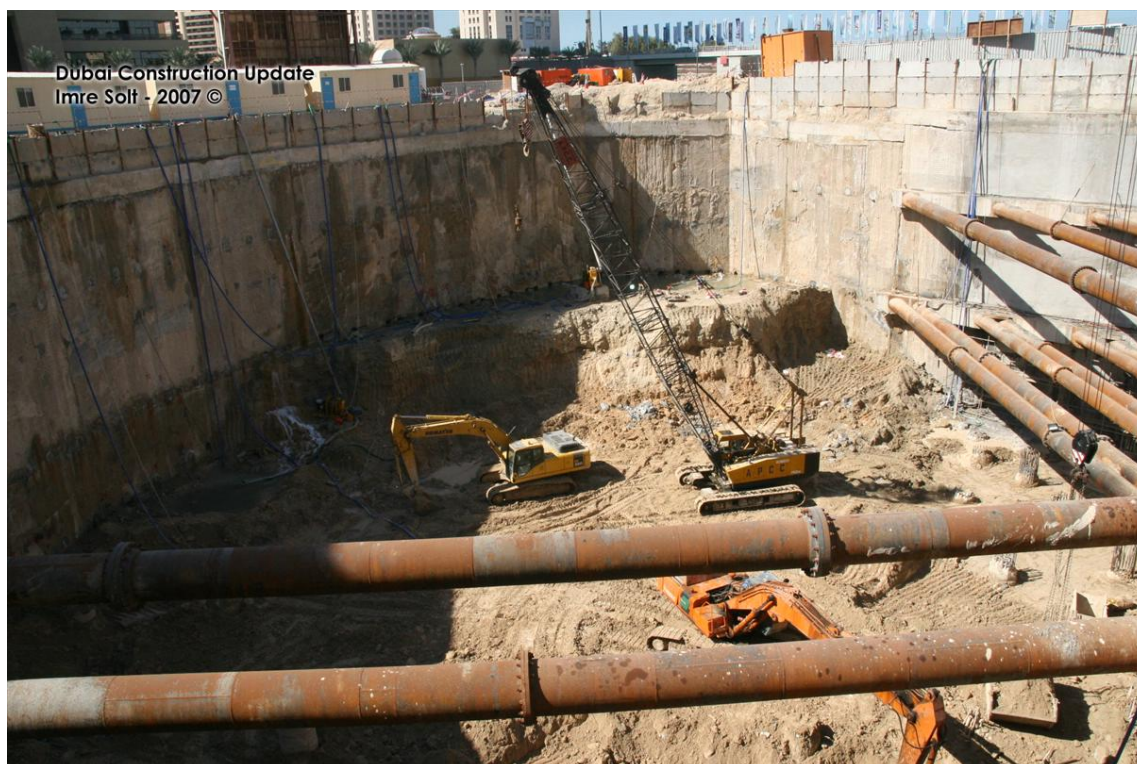
В настоящее время устройство котлованов глубиной 15 м в Москве стало рядовым явлением.

## Аварии и их причины

Аварии – обрушения котлованов достаточно частое явление. В 2007 прорвало грунтовыми водами стену в грунте при устройстве котлована в Дубае.

На Ленинградском шоссе вл. 39, в Москве в 2007 г. грунтовые воды прорвались сквозь некачественно забетонированную стену в грунте, при разработке грунта в котловане, методом сверху вниз под защитой перекрытия.

Подобная ситуация случилась на Трубной площади.



Состояние котлована в Дубае перед обрушением стены в грунте и момент обрушения (фотографии взяты из Интернета).



Обрушение котлован в Загребе 2007 г. (фотография взята из Интернета).



В мае 2007 года обрушился фрагмент борта котлована на Рублевском шоссе, вл. 111, в Москве.

Проанализируем причины аварии на Рублевском шоссе.

### **Ошибка первая.**

Устаревшие (2002 года) и некачественные инженерно-геологические изыскания. По данным изысканий насыпные грунты должны были составлять в зоне обрушения - 0,3 м, покрывая твердые суглинки с углом внутреннего трения  $\varphi = 18^\circ$ , сцеплением  $c = 46$  кПа, влажностью  $\omega = 14\%$ .

За 5 лет после проведения изысканий с одной стороны проектируемого котлована были выполнены работы по перекладке инженерных сетей (канализации и теплотрассы). Старую теплотрассу не демонтировали, новую проложили выше существующей. Завезли грунт, спланировали и сделали детскую площадку. В результате насыпные, не слежавшиеся грунты оказались на глубину более 4,5 метров, а поверхность земли на 1,4 м выше, указанной в отчете об инженерно-геологических изысканиях. Кроме того, насыпные грунты сильно замочили водой, поступающей с мойки колес, которую неудачно организовал генподрядчик



выше по рельефу. Фактический угол внутреннего трения насыпных грунтов не превышал  $\varphi = 3...5^\circ$ , сцепления  $c = 5...8$  кПа, влажность более 45%. Вместо твердых суглинков с показателем текучести  $J_L \leq 0,1$  оказались полутвердые суглинки с мощными прослоями текучих супесей с  $J_L > 1$ .

Сравнительный анализ расчетов устойчивости борта котлована показал, при грунтах по данным первичного отчета об инженерно-геологических изысканиях устойчивости борта котлована обеспечивалась с коэффициентом надежности 1,31, а при фактических грунтах устойчивость борта котлована на анализируемом участке не обеспечивалась, коэффициент надежности менее 0,8.

#### Ошибка вторая.

До начала работ по бурению скважин и установке труб для крепления бортов котлована не была проверена абсолютная отметка поверхности земли. Фактическая отметка поверхности земли оказалась на 1,4 м выше учтенной в проекте, соответственно увеличилась глубина котлована на участке обрушения.

#### Ошибка третья.

В процессе бурения не сопоставляли вид выбуриваемого грунта с видом, учтенным в проекте. В журнале не зафиксировано несоответствие грунтов данным проекта.

#### Ошибка четвертая.

Трубы устанавливали проектной длины, поэтому с учетом повышения отметки поверхности земли, нижние концы труб, оказались погруженными на глубину меньше расчетной.

#### Ошибка пятая.

При разработке грунта первого и второго ярусов котлована на участке, где в дальнейшем произошло обрушение, не обратили внимания на то, что вскрываются мощные прослойки текучих супесей, твердые суглинки, залегающие в остальных участках котлована и указанные в проекте в данном сечении, отсутствуют. Текучие супеси выдавливались в котлован между трубами, за проходом ковша экскаватора сразу образовывались вывала, забирку делать не успевали, да и не пытались делать забирку, так как дно промежуточного котлована было покрыто текучими супесями слоем до полуметра и больше, вытекающим из борта котлована. Пустоты за трубами достигли 1,5 м к моменту, когда забирка все-таки была сделана. Пустоты засыпали рыхлым грунтом из котлована, у которого сцепление  $c = 0$ . Давление резко возросло.

### Ошибка шестая.

При разработке грунта первого яруса в котловане не обратили внимания на то, что трубы крепления котлована возвышаются над поясом анкерного крепления почти на 4 м, а не на 2,5 м как по проекту.

### Ошибка седьмая.

В углах поворота котлована не были установлены раскосы в верхнем поясе, предусмотренные проектом, а грунт уже разработали для установки второго яруса анкеров. Раскосы стали устанавливать, когда нагрузка на крепь достигла предельных величин, в зоне электросварки образовался пластический шарнир, металл пояса начал деформироваться, но это осталось не замеченным.

### Ошибка восьмая.

После разработки грунта второго яруса забирку сразу не сделали, засыпка за ограждением котлована верхнего яруса вывалилась в котлован и её отгрузили экскаватором, обнажив неустойчивый борт котлована на высоту до 8 м. После устройства забирки пустоты засыпали грунтом из котлована, ещё больше перегрузив крепления. Ночью произошло обрушение.

Развитие обрушения началось с потери устойчивости пояса в узле его сопряжения с раскосом, приваренного к перегруженному поясу. Расчётная нагрузка на анкер 34 т была превышена, достигла предела несущей способности стальной тяги диаметром 26,5 мм из стали St 950/1050, поставленной из Германии. При испытании этих образцов в лаборатории разрушение происходило при нагрузке 61...62 тс. Анкерная тяга лопнула на



глубине около 4 м от борта котлована, корень анкера остался в работоспособном состоянии и был использован при восстановлении крепления удлинением оторвавшейся части тяги через муфту. При повторном включении восстановленного анкера в работу провели его контрольные испытания натяжением до нагрузки 52 т. На фотографиях показан вид котлована в момент обрушения.

Вид обрушившегося борта котлована, глубина котлована со стороны мойки до уровня анкеров верхнего яруса 4 м.



Вид обрушившегося борта котлована, мойка справа, глубина котлована с левой стороны до уровня анкеров верхнего яруса менее 2,5 м, с правой стороны со стороны мойки 4 м.



Вид борта котлована после выполнения восстановительных работ.



Почему столько внимания уделено случившимся авариям?

Только для того, чтобы развеять ложные представления о простоте проектирования и устройства глубоких котлованов. Каждый котлован, глубиной более 5...6 м индивидуальное, в своем роде, сооружение.

При проектировании котлованов необходимо обращать внимание на самые, на первый взгляд не существенные, мелочи.

### Виды крепления бортов котлованов

Для крепления бортов котлованов применяют дискретно расположенные забивные и буровые сваи, стену в грунте, шпунтовые стенки различных конструкций, струйную цементацию, нагели, армирование грунта, набрызгбетонные стены и т.д.

Наиболее распространено крепление бортов котлованов дискретно размещаемыми сваями. Обычно в качестве свай используют - трубы повторного применения и новые двутавровые балки (называемые, некорректно, шпунтами).

#### Что лучше балки или трубы?

Конечно трубы, хотя металлоемкость труб выше. Балка при ее погружении в скважину разворачивается по спирали, так как на стенках скважины остаются спиральные следы болота, которые при погружении балки способствуют ее развороту. Момент сопротивления  $W$  и момент инерции  $J$  у балки в разных осях отличаются в 8...10 раз. В расчетах предусмотрены одни значения  $W$  и  $J$ , а после установки балки в скважину за счет ее разворота  $W$  и  $J$  могут оказаться в несколько раз меньшими.

У трубы, как её ни крути,  $W$  и  $J$  одинаковые. Если применять трубы повторного использования (старогодние трубы), то по стоимости, крепление бортов котлована будет немного дешевле, чем с новыми балками (старых балок не бывает). Для "спокойного сна" – конструктора в проекте увеличивают толщину стенки старогодних труб на 1-2 мм и обязательно делается запись о необходимости освидетельствования старогодних труб специалистами строительной лаборатории и технического надзора заказчика с оформлением акта приёмки.

Забирка между стальными сваями выполняется досками, реже металлическими листами. Доски устанавливают вертикально или горизонтально. В разделе "Общие данные" или в любом другом месте, должна быть сделана запись: "При вскрытии неустойчивых грунтов, разработку грунта в котловане выполнять захватками минимального размера, исключаящими вывалы грунта из борта котлована, забирку выполнять параллельно с разработкой грунта. При необходимости перейти на устройство опережающей забирки."

Если котлован в песках, то следует отдавать предпочтение горизонтальному размещению досок и указывать требования к плотности забирки. Песок, высыхая, может высыпаться в котлован через неплотности в

забирке и через щели между вертикально расположенными досками. Песок за неплотной забиркой разуплотняется и давление на крепь возрастает.

Консольное крепление бортов котлованов при однорядном расположении труб эффективно до глубины 3 метра, при расположении в 2 ряда до 5...6 м. При большей глубине котлована экономичнее использовать для раскрепления труб распорки, подкосы, раскосы, грунтовые анкера или растяжки.

Надо ли извлекать ограждающие конструкции (трубы, балки), как того часто требует экспертиза.

Не надо!

Для заземления нижних концов труб в грунте их заглубляют ниже дна котлована (фундаментной плиты) на 4-7 метров и если, после устройства подземной части здания и засыпки пазух, вытащить трубы, то грунт в зоне установки труб разуплотнится, что может вызвать осадку фундаментной плиты вдоль бортов котлована, где вытащили трубы. Отмостки, дорожки и т.п. элементы благоустройства будут "трещать" и проседать долгие годы.

Учитывая негативные последствия, трубы лучше не извлекать. Полости скважин или хотя бы полости труб заполнить пластичной бетонной смесью или цементным раствором, по крайней мере, до уровня верха фундаментной плиты.

Как реагировать на требования экспертизы по извлечению труб? Предложить эксперту взять на себя ответственность за деформацию фундаментной плиты.

Ответ эксперта нами проверен, на практике: "Действительно, чего их вытаскивать".

Аргументы против извлечения двутавровых балок.

Если стены сооружения бетонируются в распор с бортами котлована, то трубы и балки вытащить невозможно по определению.

Если между бортом котлована и наружной стеной подземной части здания предусмотрен зазор, то теоретически балки ограждения котлована можно вытащить. До извлечения балок необходимо срезать уголки и арматуру крепления забирки. При этом, грунт из-за незакрепленной забирки высыпаясь, будет создавать предпосылки аварии. Кроме того, должны быть демонтированы - отрезаны все распорки, раскосы, грунтовые анкера, распределительные пояса, срезаны все косынки, соединяющие пояс со сваями (двутавровыми балками или трубами). При этом, не исключена потеря устойчивости металлической сваи в зоне температурного воздействия при работе кислородными резаками. Таким образом, должны быть демонтированы все элементы крепления, приваренные к стальным сваям на всех ярусах. Все эти операции по демонтажу должны проводиться в стесненных условиях между стеной подземной части здания и разбираемым креплением, и, если грунт из-за разбираемой забирки "пойдет", то рабочий не успеет выскочить из этой щели. И самое главное,

при попытке вытащить балки не исключено повреждение гидроизоляции стен подземной части здания.

Крепление распорками, раскосами и подкосами.

Сложилось ложное представление о высокой надежности крепления котлованов с распорками. Однако в Российских проектах не предусматривается предварительного обжатия распорных конструкций в грунт, как в проектах за рубежом. У "них" в каждой распорке установлен винтовой домкрат, которым создают предварительное обжатие конструкций крепления бортов котлована после установки распорок.

Примеров аварий с распорными системами больше чем с анкерами: ул. Ивана Франко – 10, Измайловский б-р, д. 46/30, в Дубаи и др.

В котловане глубиной 18-24 м на ул. Ивана Франко – 10, давлением грунта сдавило трубы диаметром 720 мм. В котлованах больших размеров необходимо выполнять поверочный расчет деформации распорной системы за счет перепада температур. Коэффициент линейного удлинения стали  $\delta = 11 \cdot 10^{-6}$ , при длине труб достигающих 100 м и перепаде температуры в течение суток  $40^\circ$ , изменение длины достигает 44 мм.

При наличии распорно-подкосной системы резко увеличивается трудоёмкость разработки грунта в котловане, возникает необходимость устройства в фундаментной плите дополнительных рабочих швов. На приведенной фотографии видно крепление ограждения котлована подкосами и грунтовыми анкерами.



Убеждают, что подкосы дешевле, анкерного крепления, но возникает удорожание при разработке грунта под подкосами, плита основания

бетонируется в несколько приемов (захваток) с устройством дополнительных рабочих швов, в стене и в перекрытии нужно оставлять "окна" для пропуска подкосов, решать проблемы устройства гидроизоляции после замоноличивания этих "окон". Оцените, что теперь дешевле анкера или подкосы.



Нецелесообразно совмещать растяжки и грунтовые анкера, с целью удешевления. Пример установки растяжек в верхнем ярусе крепления котлована по адресу ул. Сельскохозяйственная – 16. На фотографии хорошо видно, что засыпаемые грунтом растяжки не имеют натяжения. Одна из растяжек огибает дренажный колодец, другие растяжки при засыпке грунтом прогибаются, т.е. такие растяжки включатся в работу, когда перемещения ограждения котлована достигнут аварийных. Аварии не случилось только благодаря высокой надёжности анкерного крепления,

выполненного в ниже расположенном ярусе, на анкера пришла вся нагрузка бокового давления грунта.

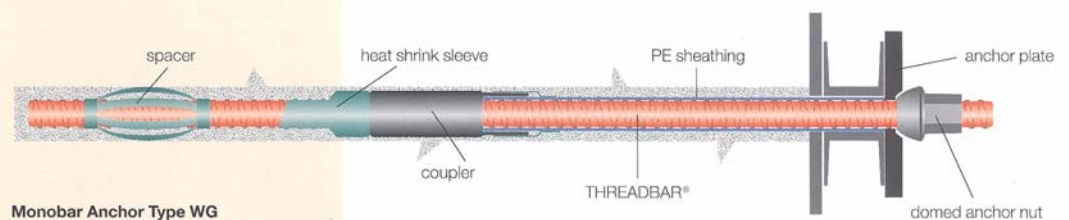
### **Анкерное крепление бортов котлованов.**

Существует достаточно много вариантов конструктивного исполнения грунтовых анкеров. В России наибольшее распространение получили инъекционные анкера изготавливаемые, как у нас часто говорят по технологии Бауэра, т.к. первые анкера действительно изготавливали, копируя технологию фирмы Бауэр.

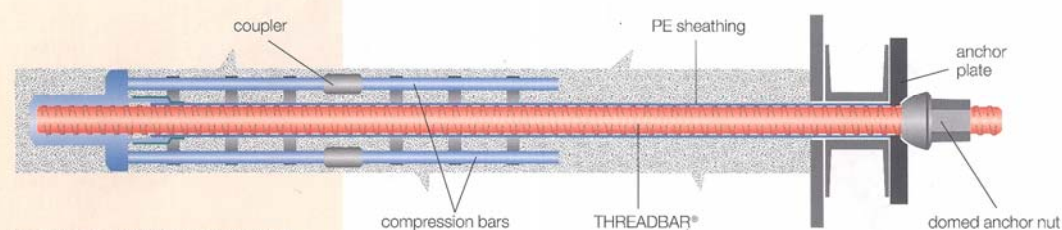
В настоящее время у каждой фирмы, занимающейся изготовлением анкеров, применяется своя разновидность технологии, принципиально мало, чем отличающейся от технологии фирмы Бауэр. Можно остановиться на каждом применяемом типе анкеров и каждой разновидности технологии их изготовления.



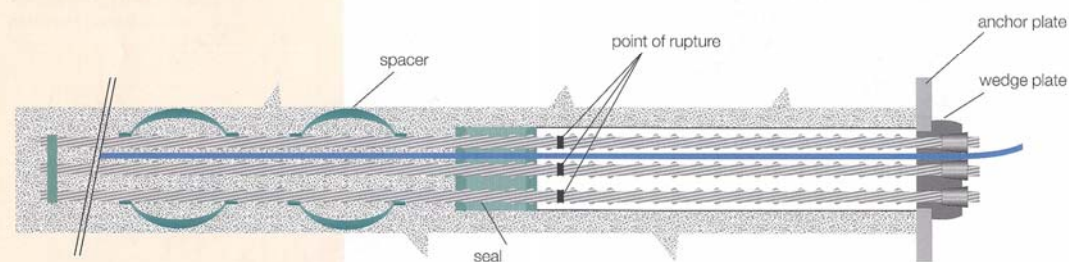
## DYWIDAG Removable Anchors



Monobar Anchor Type WG



Compression Bar Anchor Type ASD



Removable Strand Anchor

steel grade [N/mm <sup>2</sup> ]	number of strands	diameter	yield load [kN]	ultimate load [kN]
THREADBAR®				
950/1050 WR	X	26.5 mm	496	568
950/1050 WR		32 mm	724	828
950/1050 WR		36 mm	916	1,048
strand				
1570/1770	3	0.62"	708	660*
1570/1770	4	0.62"	944	880*
1570/1770	5	0.62"	1,180	1,100*
1570/1770	7	0.62"	1,758	1,540*

\* load at point of rupture

Все грунтовые инъекционные анкера, используемые для крепления котлованов, после установки анкерной тяги и замоноличивания скважины опрессовывают статическим давлением от нескольких до десятков МПа. Опрессовка может осуществляться один, два, три и более раз. Первая опрессовка осуществляется обычно через сутки, последующие через расчётные промежутки времени.

В Москве широкое распространение получили грунтовые анкера-РИТ. В 2007 году было установлено более 3000 таких анкеров. В 2008 году, несмотря на кризис, количество устанавливаемых анкеров превысило 4000.

Принципиальное отличие анкеров-РИТ от других типов грунтовых анкеров заключается в системе опрессовки грунта в корне анкера. В

инъекционных анкерах опрессовку производят статическим давлением через заранее установленные вместе с анкерной тягой нагнетательные трубки (1; 2 и больше) для увеличения несущей способности корня анкера.

В анкере-РИТ опрессовка производится за счет осуществления серии электровзрывов – электрических разрядов импульсного тока (РИТ) высокого напряжения в цементном растворе до установки анкерной тяги. Таким образом, после РИТ обработки и установки анкерной тяги про анкер можно забыть до момента его испытания и натяжения. Остальные технологические операции: образование скважины, заполнение ее цементным раствором, установка анкерной тяги, технологический перерыв для набора прочности цементным раствором, испытание, натяжение и установка на блокировочную нагрузку при изготовлении инъекционных анкеров и анкеров-РИТ практически совпадают.

Распространяются слухи о баснословном динамическом воздействии на окружающую застройку при производстве электровзрывов. Не верьте этому, это наглядные приемы недобросовестной конкуренции.

Вот пример устройства анкерного крепления котлована на 10-й Парковой ул., вл. 20. В процессе мониторинга за состоянием здания от воздействия работ по установке труб крепления бортов котлована (до начала устройства анкеров под жилым домом), зафиксировали осадки дома от 0,1 до 0,7 мм. После устройства анкеров зафиксировали подъем контрольных марок на +0,4...+0,6 мм. За такую ювелирную работу нужно медали давать, а ПСП "РИТА" обвинили чуть ли не разрушении дома. В выводах сказано, с началом работ фирмы РИТА **изменилась полярность приращения дополнительных осадок всех марок со стороны откопанного котлована.** Зафиксировали подъёмом на 400...600 микрон.

Для специалиста это свидетельство превосходной работы. Но заказчик, со строительным образованием на уровне дачника, прочитав запись, что "поменялась полярность", оказался в шоке.

Далее авторы отчёта ещё обострили ситуацию записью: "Основными факторами, оказавшими отрицательное влияние на техническое состояние конструкций здания и условий проживания в нём жильцов, явились динамические и ударные воздействия в результате производства работ в котловане, а так же принятый способ крепления бортов котлована (анкера по методике "РИТА"). И в выводах решили "добить" заказчика окончательно: "невыполнение рекомендаций по демонтажу анкеров неизбежно приведёт к новым дополнительным осадкам фундаментов домов с возможным переводом их в IV категорию состояния – предаварийную".

Специалисты субподрядчика полгода еженедельно ездили на совещания и объясняли заказчику, что результат работы превосходный и лучше вообще не может быть. В итоге, за выполненные работы по анкерному креплению котлована заказчик не оплатил с февраля 2007 года 6 957 390 рублей.

Можно понять желание любого человека заработать любым путём, даже специалистов лаборатории № 14 НИИОСП, осуществляющих мониторинг. Напугать заказчика и раскрутить его на оплату ежедневных замеров. А может быть, этот тенденциозный отчёт сделан в угоду заказчика, чтобы был повод задержать оплату. Какова цена такого заключения?

Но не стоит экспертов призывать к совести, можно привести слова Х. Брандля: "Эксперты, создающие тенденциозные отчёты в интересах своих клиентов, не несут за них юридическую ответственность (до тех пор, пока не возбуждено уголовное дело)" [3].

За счет высокой несущей способности анкеров-РИТ сокращается их количество, а значит и время крепления котлована. Максимальная испытательная нагрузка, прикладываемая к анкеру-РИТ, составляла 350 т при испытании анкера в Бременхафене (ФРГ).

В качестве анкерной тяги может применяться:

- арматурная сталь со специальным винтовым профилем, к сожалению заводы Украины и России отказываются её выпускать;
- обычная сталь, в случаях, когда не требуется создавать предварительное натяжение;
- специальные канаты К-7 или К-19, ранее выпускаемые Волгоградским металлургическим заводом в комплекте с цанговыми зажимами;
- канаты, изготавливаемые подрядными организациями из проволоки В-П или Вр-П, в подсобных мастерских.

Можно ли устанавливать анкера под существующие здания. Конечно можно, во всём мире это делают. Попытка запретить установку грунтовых анкеров под здания, это также приём недобросовестной конкуренции, как и описанный выше. Право собственности на земельный участок, в сторону которого необходимо установить анкера, согласно Гражданского Кодекса РФ (ст. 261 п. 2), распространяется на находящийся в границах этого участка поверхностный (почвенный) слой и водные объекты, находящиеся на нём растения, если иное не установлено законом. Собственник земельного участка вправе (ГК РФ ст. 261 п. 3) использовать по своему усмотрению все, что находится под поверхностью этого участка, если иное не установлено законом о недрах (ЗН РФ) и не нарушает прав других лиц. Собственник участка земли в пределах границ участка (согласно ст. 19 ЗН РФ) вправе осуществлять добычу общераспространённых полезных ископаемых и строительство подземных сооружений для своих нужд на глубину до 5 м без применения взрывных работ. На любые действия глубже 5 м собственник участка земли и любого здания стоящего на этом участке должен получать соответствующее разрешение, например для Москвы в отделе подземных сооружений (ОПС) Мосгеотреста. Часто в ОПС требуют согласовать с владельцем смежного участка земли временное размещение грунтовых

анкеров на чужом земельном участке, т.е., выполнить положения ст. 274 ГК РФ и ст. 23 Земельного кодекса РФ - оформить с собственником участка земли частный срочный сервитут для размещения временных грунтовых анкеров в пределах принадлежащему собственнику участка земли на период выполнения работ в котловане. Эта вполне обычная для заказчика работа, связанная с проведением всех согласований.

В последние год-два ОПС стал требовать применять извлекаемые анкерные тяги. На наш рынок с такими анкерами прорвались корейские фирмы. Пришлось разработать конструкцию анкера с извлекаемой тягой. Изготовили и испытали в присутствии начальника ОПС Мосгеотреста серию опытных анкеров с извлекаемой тягой длиной 18 м. После этого в ОПС согласовывают извлекаемые анкера без проблем. В четверг позвонил В.П. Петрухин - директор НИИОСП им. Н.М. Герсевича и говорит: на институт «наехали» Госэкспертиза и ОПС с вопросом почему они не применяют анкеры с извлекаемой тягой. Специалисты института сомневаются, что это возможно, т.к. у корейцев при испытаниях анкерные тяги не удалось вытащить. Можно специалистам института ознакомиться с извлечением. Специалисты ПСП РИТА как раз извлекали анкерные тяги на объекте по адресу ул. Донелайтиса – 39. Специалист института был удивлён, что, оказывается, есть «пророки в своём отечестве». В присутствии специалиста были извлечены три анкерных тяги.

При высоком уровне грунтовых вод в хорошо фильтрующих песках ограждение котлована должно быть водоустойчивым, с заглублением в водоупорные породы. Для крепления стены в грунте в таких случаях в Германии и Франции применяют анкерное крепление. Проблема заключается в том, что после высверливания в стене отверстия для устройства анкера в котлован прорываются напорные грунтовые воды вместе с водонасыщенным песком. Опасаясь возможности затопить котлован при установке анкеров, многие проектировщики не применяют грунтовые анкера, а предусматривают распорные конструкции. ПСП РИТА выполняла крепление котлована с давлением грунтовых вод до  $1 \text{ кг/см}^2$ . Заказчик остался очень доволен, и следующий котлован проектируют с «подводными» анкерами.

К сожалению, строительство становится всё более раздробленным, это вызвано желанием заказчиков (генподрядчиков) наварить побольше привлекая мелких субподрядчиков, одни устанавливают трубы, другие только анкера, третьи пояса, четвертые забирку, пятые разрабатывают грунт и т. д., иногда доводя такое дробление до абсурда. При производстве работ возникает много несогласованностей, при проектировании это должно обязательно учитываться.

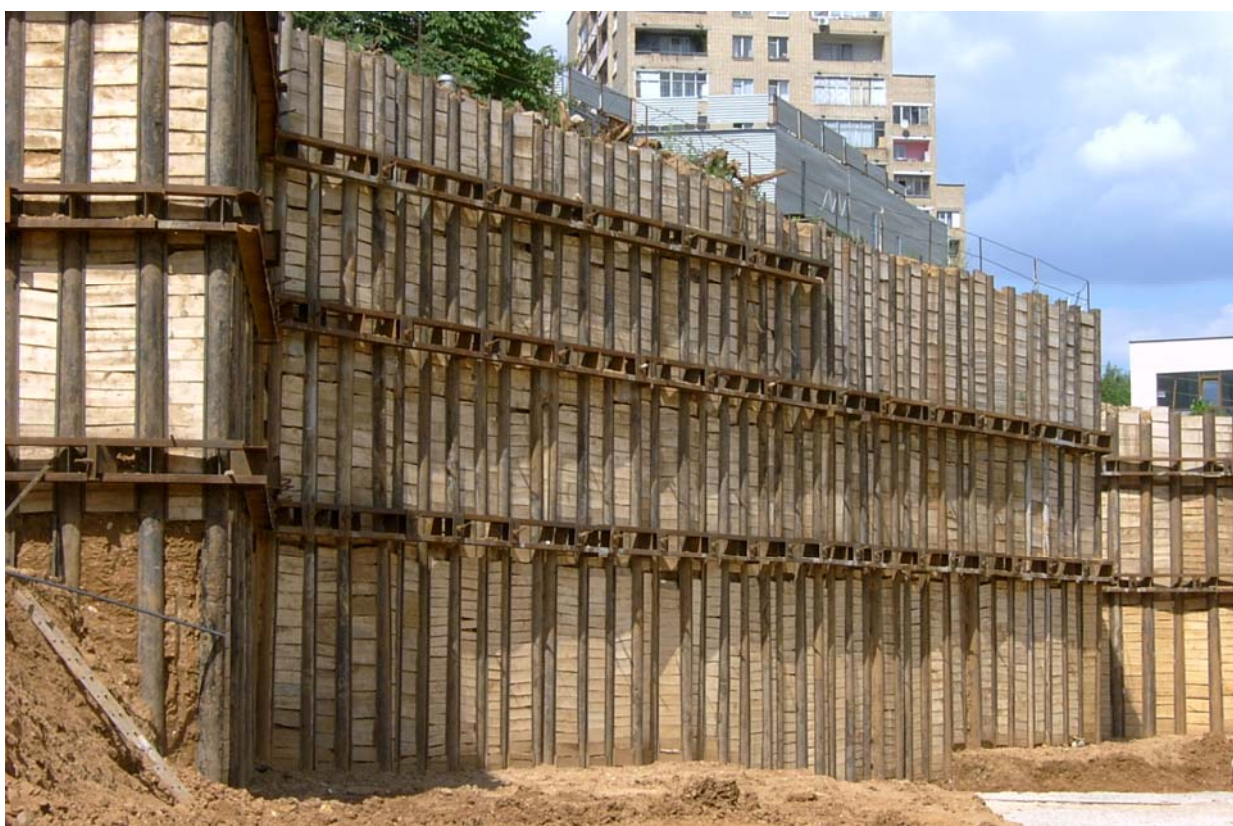
### **Примеры реализации проектов крепления котлованов:**





Вид борта котлована глубиной до 15 м, ул. Архитектора Власова, 2007 г.  
Применены трубы повторного использования диаметром 325x10 длиной до 20 м,  
закрепленные грунтовыми анкерами, установленными в 2-3 яруса.





Вид борта котлована глубиной до 15 м, ул. Архитектора Власова, 2007 г.





Улица Донелайтиса 39, Генподрядчик ОАО "ТОРОС", подготовил основание дна котлована для "нормальной" работы. Установка анкеров, выполняется операция по разрядно-импульсной обработки корня анкера, электрическое напряжение подаваемое на электроды 10 кВ.



Ул. Вавилова д.3, 2007год, начало строительства, периметр котлована 860 м, глубина до 12 м, котлован в песках. Аварийное здание должно быть сохранено. Ось ограждения котлована проходит на расстоянии 1...1,5 м от наружной стены этой "развалюхи".



*Вид фрагмента котлована (третья часть) для строящегося торгового центра "Ашан" на ул. Вавилова-3 вид со стороны третьего транспортного кольца.*



Установка анкеров второго яруса. Здание, находящееся в аварийном состоянии "прикрепили" подкосами к трубам ограждения котлована, чтобы в случае обрушения стены обломки не упали на головы работающим в котловане.





Котлован откопан до проектной отметки, борта котлована закреплены тремя ярусами грунтовых анкеров, аварийное здание осталось стоять. На фотографии видно, что забирка ниже верхнего яруса частично, а ниже среднего яруса анкеров выполнена с пропуском одной трубы. В результате, каждая вторая труба не приварена к поясу, длина фактического пролёта половины труб оказалась больше учтённой в проекте.



Общий вид одного борта котлована, в призме обрушения находятся цеха станкостроительного завода. Грунтовые анкера установлены под корпуса цехов. Глубина котлована 12 м. В основании строящегося здания "Ашана" оказались рыхлые пески, которые уплотняли тяжелыми виброкатками.



Уплотнение рыхлых песков в основании котлована глубиной 12 м тяжелым виброкатком.





Цех инструментального завода, длина 60 м, каркасная конструкция: колонны, покрытие по балкам пролетом 18 м. Три яруса анкеров установлены под здание цеха.







Ленинский проспект, д.106, 2008 г. Котлован глубиной 14 м, грунтовые анкера установлены в три яруса. Строительная нагрузка на бровке котлована, принятая в расчетах  $2,0 \text{ т/м}^2$ . Башенный кран, установлен в призме обрушения на сваях.



Ростов-на-Дону, пересечение ул. Красноармейская и Сиверса. 2008 г. Завершается забивка свай длиной 12 м с дна котлована глубиной до 14 м, закрепленного трубами и грунтовыми анкерами. Особенности: динамическое воздействие, корни верхнего яруса анкеров попали в просадочные грунты 1 группы. В процессе производства работ были замочены в результате протечек из коллектора, который не был переложен до начала устройства котлована.





Ростов-на-Дону, пересечение ул. Красноармейская и Сиверса. 2008 г.  
 Завершается забивка свай длиной 12 м с дна котлована глубиной до 14 м, закрепленного трубами и грунтовыми анкерами. Особенности: динамическое воздействие, корни верхнего яруса анкеров попали в просадочные грунты 1 группы, которые были замочены в результате протечек из коллектора, не был переложен к началу работ. Маскировочной сеткой закрыт не вынесенный из зоны строительства коллектор. В зоне замоченных грунтов перемещения анкеров достигли 70...80 мм.



Ростов-на-Дону, пересечение ул. Красноармейская и Сиверса. 2008 г.  
 Забиты сваи длиной 12 м с дна котлована глубиной до 14 м, Перемещения анкеров в глубокой части котлована составили 20...30 мм, что не превысило расчетной величины.





Ленинский 114, 2008 год. котлован глубиной до 14 м, в трех метрах от бровки котлована, в призме обрушения находится 5-ти этажный КЖД первых лет освоения панельного домостроения, в котором проживают люди. Грунтовые анкера установлены пол существующий дом.



Ленинский 114, котлован глубиной до 14 м, в трех метрах от бровки котлована, в призме обрушения находится 5-ти этажный КЖД первых лет освоения панельного домостроения, в котором проживают люди. Грунтовые анкера установлены пол существующий дом.





Строительная площадка, подготовленная для работ по устройству свай под высотное здание на пр-те Вернадского – 37.,



Краснопролетарская, д. 2, котлован глубиной 6 м, закреплен трубами повторного применения и грунтовыми анкерами. Сохраняемое здание каркасное, нагрузка на столбчатые фундаменты 305 т. Ни один маяк, из установленных заказчиком до начала работ на существующих трещинах, не показал развития трещин.





Краснопролетарская, д. 2, котлован глубиной 6 м, закреплен трубами повторного применения и грунтовыми анкерами. Сохраняемое здание каркасное, нагрузка на столбчатые фундаменты 305 т. Ни один маяк, из установленных заказчиком до начала работ на существующих трещинах, не показал развития трещин.



Фрагмент борта котлована в плотной застройке, глубина 12 м. Крепление сваями и грунтовыми анкерами 2 яруса, из-за высоких этажей подземной части. Борты сложены песками. Серый цвет бортов котлована, потому что их покрасили цементным молоком, непосредственно по песку. Малейшая деформация в ограждении котлована приводит к разрушению цементной корочки толщиной 1...2 мм. Большой Кисловский пер. 6.





Фрагмент борта котлована в плотной застройке, глубина 12 м. Крепление сваями и грунтовыми анкерами 2 яруса, из-за высоких этажей подземной части. Борта сложены песками. Серый цвет бортов котлована, потому что их покрасили цементным молоком, непосредственно по песку. Малейшая деформация в ограждении котлована приводит к разрушению цементной корочки толщиной 1...2 мм. Между сваями и стеной 2-х этажного дома зазор 40 см. Большой Кисловский пер. д. 6.



Фрагмент борта котлована в плотной застройке, глубина 12 м. Крепление сваями и грунтовыми анкерами 2 яруса, из-за высоких этажей подземной части. Борта сложены песками. Серый цвет бортов котлована, потому что их покрасили цементным молоком, непосредственно по песку. Малейшая деформация в ограждении котлована приводит к разрушению цементной корочки толщиной 1...2 мм. Большой Кисловский пер. 6.



Фрагмент борта котлована в плотной застройке, глубина 12 м. Крепление сваями и грунтовыми анкерами 2 яруса, из-за высоких этажей подземной части. Борта сложены песками. Серый цвет бортов котлована, потому что их покрасили цементным молоком, непосредственно по песку. Малейшая деформация в ограждении котлована приводит к разрушению цементной корочки толщиной 1...2 мм. Между сваями и стеной 2-х этажного дома зазор 40 см. Большой Кисловский пер. 6.



Фрагмент борта котлована сложенного песками. Серый цвет бортов котлована, потому что их покрасили цементным молоком, непосредственно по песку. Малейшая деформация в ограждении котлована приводит к разрушению цементной корочки толщиной 1...2 мм. Большой Кисловский пер. 6.





Пр-т Маршала Жукова, д. 80. Котлован глубиной 20 м. Для экономии на анкерном креплении предусмотрено 2 яруса анкеров. Нагрузка на анкер 80 т, поэтому в скважину установлено по две анкерных тяги диаметром 26,5 мм каждая, с пределом текучести при нагрузке на один стержень 55 т. Верхняя консольная часть труб превышает 12 м, установлено 2 пояса без анкеров. Для экономии металла в ограждении котлована применены трубы разных диаметров по длине "шпунтины", состыкованные между собой. Не делайте так.



Пр-т Маршала Жукова, д. 80. Котлован глубиной 19 м. Предусмотрено 3 яруса анкеров. Нагрузка в среднем и нижнем ярусах 80 т/анкер. В призме обрушения 17 этажный дом.





Пр-т Маршала Жукова, д.80. Котлован глубиной 19 м. Предусмотрено 3 яруса анкеров. Нагрузка в среднем и нижнем ярусах 80 т/анкер. В призме обрушения 17 этажный дом.



Пр-т Маршала Жукова, д.80. Котлован глубиной 19 м. Предусмотрено 3 яруса анкеров. Нагрузка в среднем и нижнем ярусах 80 т/анкер.





Сити, 1997 год. На верхнем горизонте работают 2 буровых станка.



Москва-Сити, апрель 1997 года, фрагмент котлована, вид на Экспоцентр, общая глубина котлована до 30 м. Ведутся работы по установке анкеров-РИТ на верхнем горизонте.





Слева: устройство подмостей для установки анкеров-РИТ, ширина бермы 2 м, от бермы до дна котлована 20 м.

Справа: бурение скважин для установки анкеров-РИТ.



Вид на подмости после окончания работ по натяжению анкеров.





МГУ, Котлован для строительства нового корпуса, глубина 8...9 м, крепление: трубы б/у и грунтовые анкера.



Так лучше не делать. На склоне построен 21 этажный дом на плите, для создания пригрузки в верхней части круглоцилиндрической поверхности скольжения. Котлован уступами, верхний глубиной до 8 м, закреплён трубами и одним ярусом анкеров, нижний 6 м консольно стоящими трубами. В верхнем котловане сваи уже забиты, в нижнем идёт забивка свай. Сваи в верхней части котлована забитые вдоль нижних шпунтов не обеспечат несущую способность. При разработке грунта в нижнем котловане шпунт, не закреплённый анкерами сместился в сторону котлована.





Сразу после вскрытия локальной зоны залегания текучих супесей при разработке грунта в котловане, не была выполнена забирка, поэтому часть грунта из борта котлована "вытекла" в котлован. После жестких, ультимативных требований забирку выполнили, но через щели между досок продолжали вытекать в котлован не только вода, но и грунт. До подошвы выше залегающих прочных грунтов образовалась большая полость. Прочные грунты стали оседать.







В результате осадки прочного грунта под плитой-днищем демонтированного резервуара образовалась пустота высотой более 0,5 м. Прочные грунты стали давить на тягу расположенного в этом месте грунтового анкера, создавая в анкерной тяге дополнительное растягивающее усилие.

Максимальное расчетное усилие в анкерной тяге не должно было превышать 29 т. Однако анкерная тяга лопнула. Значит напряжение в анкерной тяге, из арматурной стали марки St 950/1050, поставленной из Германии, превысило предел ее прочности на растяжение, а усилие превысило 63 т.

Поверочные расчеты показали, что, в анкерной тяге возникает дополнительная нагрузка, превышающая 35 т, если, на участке

длиной около 6 м, анкерная тяга прогнется на 0,5 м, при неподвижных опорах (одна жесткая опора на балке, другая в массиве грунта). После откопки места разрыва анкерной тяги ее восстановили. При этом, оказалось, что для закрепления восстановленной анкерной тяги нужно установить дополнительную балку на 1 м ниже проектного уровня.

К сожалению, в нормах не предусмотрено выполнение поверочных расчетов анкерных тяг на дополнительные усилия, которые могут возникнуть в случае повисания на анкерной тяге выше расположенного массива грунта.



На фотографии хорошо видно, на какую величину просел прочный грунт из-за образования под ним полости.





Улица Остоженка – 35, относится к потенциально карстоопасному району Москвы. Инструкция предписывает выявить на поверхности земли следы карстовых провалов. Какие "следы" карстовых провалов можно увидеть в Москве, когда всё закатано в асфальт. Вот пример вскрытия карстовой воронки диаметром около 6 м подсечённым бортом котлована, закрепленным сваями. Вскрытая карстовая воронка заполнена техногенным грунтом и просевшим старым фундаментом. В случае обнаружения такой воронки, строительная площадка переводится из потенциально карстоопасной в карстоопасную. А к такой площадке предъявляются значительно более жесткие требования проектирования.



Ул. Академика Анохина, д. 26. В котловане глубиной до 15 м идет забивка 4180 свай, борта закреплены грунтовыми анкерами-РИТ. Корни нижнего яруса в разжижаемых супесях.





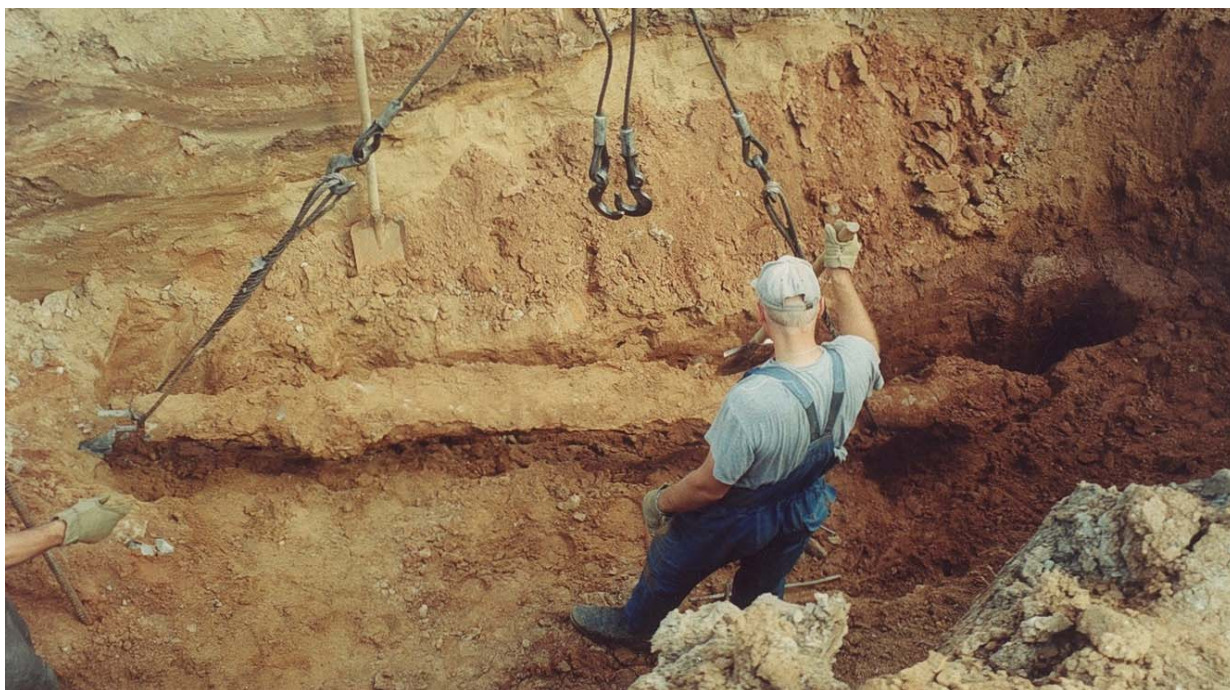
Рублевское ш. вл. 111а, борт котлована с ограждением сваями из стальных труб и анкерным крепление под 17-ти этажный дом, до дома одна глубина котлована.



Ленинский пр-т, д. 126. котлован глубиной 11 м.



## Исследование несущей способности анкера-РИТ по грунту



Откопанный корень анкера-РИТ после испытания выдёргивающей нагрузкой 62,5 т, с доведением до разрушения анкерной тяги из арматуры Ат-VI диаметром 25 мм.



Извлечённый из грунта корень анкера-РИТ после испытания выдёргивающей нагрузкой 62,5 т, с доведением до разрушения анкерной тяги из арматуры Ат-VI диаметром 25 мм.





Супесь в зоне формирования камуфлетного уширения анкера.



Фрагмент корня акера-РИТ в зоне камуфлетного уширения после испытания разрушающей анкерную тягу нагрузкой



Рассчитать устойчивость бортов глубокого котлована вручную, с анкерным креплением в три-четыре яруса практически невозможно.

Для расчета устойчивости бортов котлованов разработано много программ. Наиболее точные результаты выдаёт программный комплекс Плаксис, однако стоимость его приобретения "кусается", от 12 до 18 тысяч УЕ.

НИИОСП им. Н.М. Гесеванова разработал достаточно простую и отвечающую требованиям СНиП программу WOLL-3

В своё время мы её купили за 1,5 тысячи УЕ и вот уже более 6 лет используем её при расчётах всех котлованов, которые к нам попадают и для проектирования и для крепления.

Для правильного использования WOLL-3 необходим определённый навык и самое главное постоянное сопоставление результатов расчёта с фактическим состоянием дел на объектах.

Некоторые особенности при пользовании программой WOLL-3.

Длина свободной части анкера верхнего яруса уменьшается по мере увеличения глубины котлована и числа ярусов анкерного крепления. Мы принимаем длину верхнего анкера из таблицы расчёта анкера нижнего яруса, а нагрузку на верхний анкер из таблицы расчёта верхнего анкера.

На какой высоте размещать анкера.

Если закрепляемый борт котлована находится на достаточном расстоянии от стены подземной части здания, например 1,0...1,5 м, то анкерное крепление лучше устанавливать в наиболее оптимальных местах, минимизируя моменты, в конструкциях ограждения котлована.

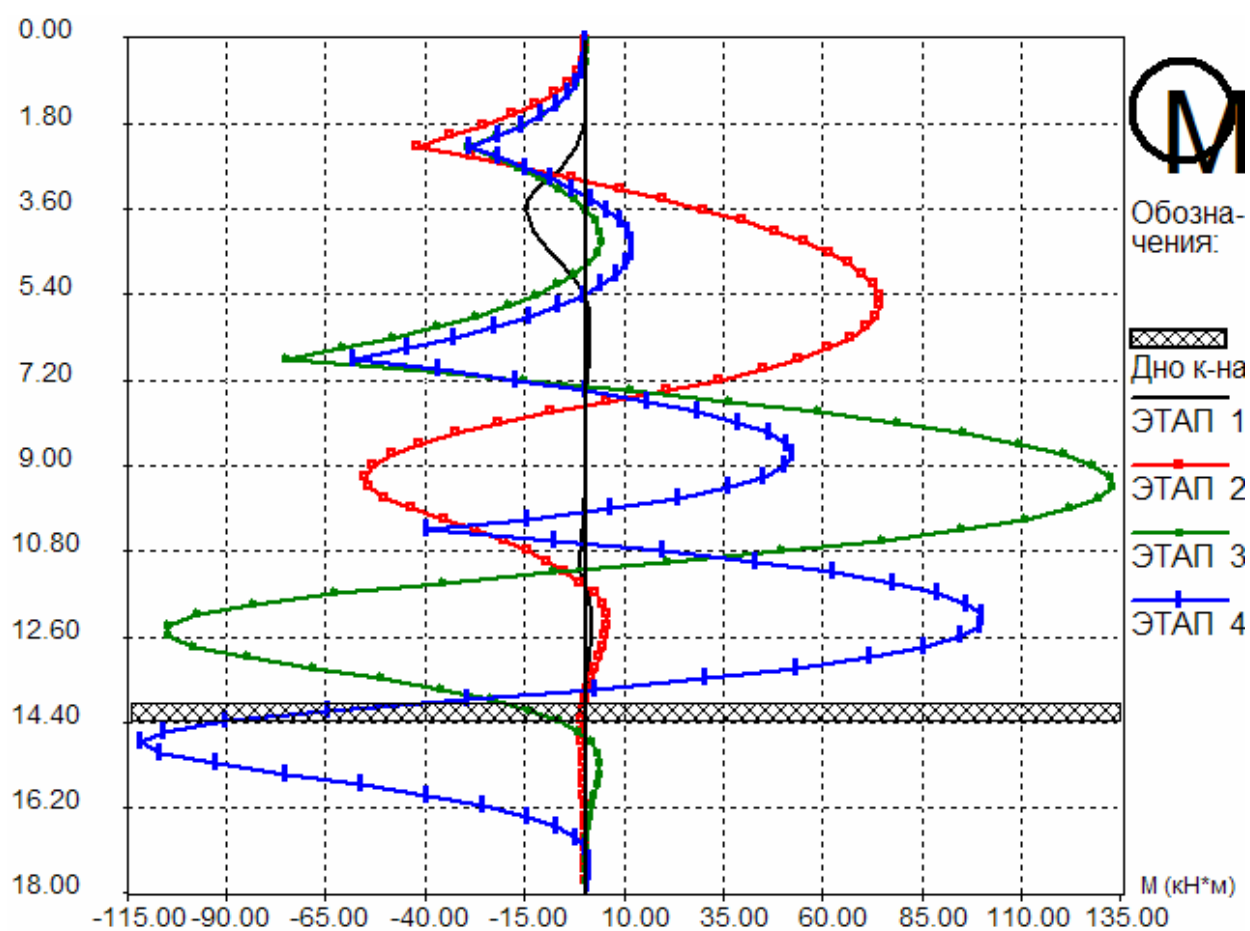
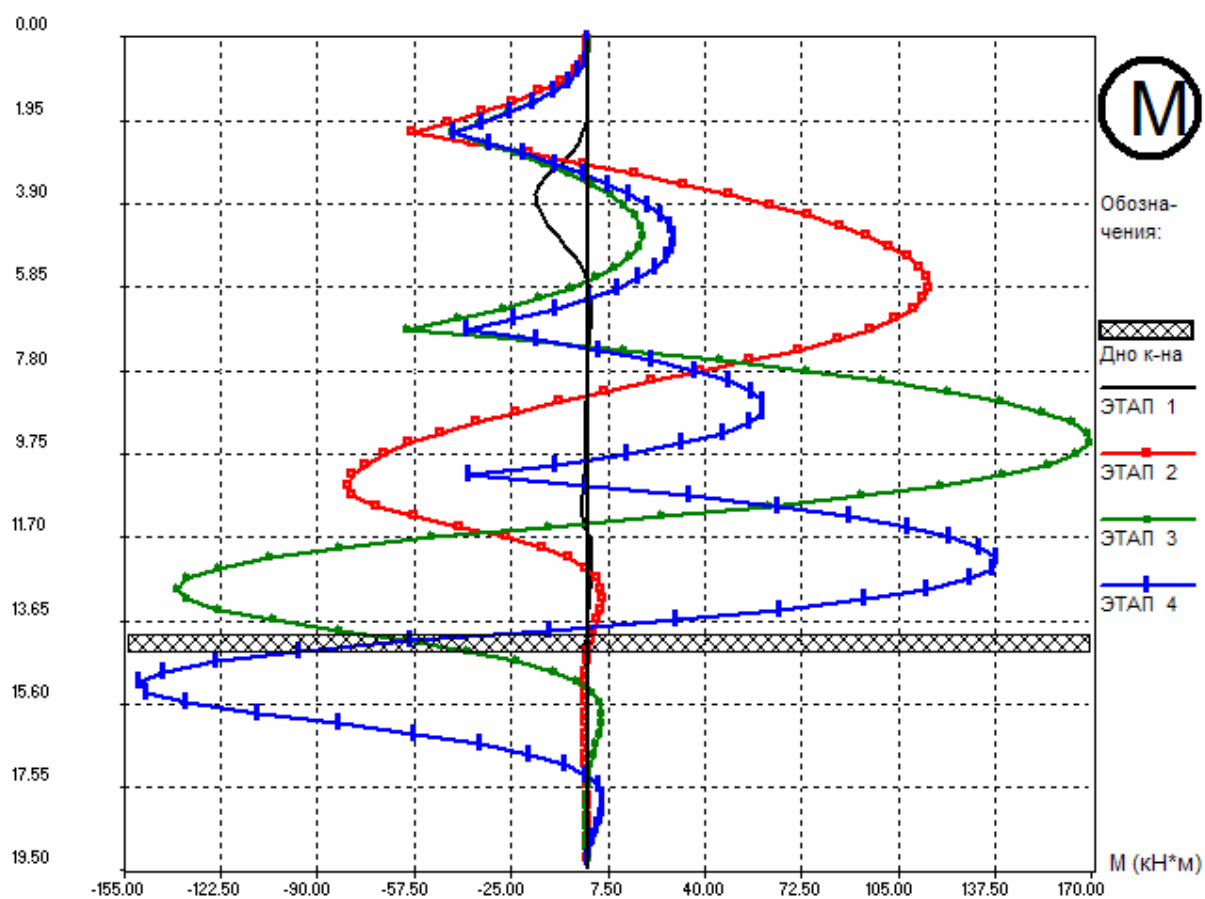
Часто в условиях плотной застройки для экономии площадей внешние стены подземной части здания приходится вплотную размещать к ограждению котлована. В этом случае анкера должны размещаться выше перекрытий не менее чем на длину выпусков арматуры стены для

обеспечения их анкеровки в бетоне стены выше расположенного этажа. Это расстояние зависит от диаметра арматуры стены и составляет от 500 до 1000 мм.

Во избежание осложнений при эксплуатации крепления котлована необходимо при проектировании учитывать допускаемые третьей частью СНиП отклонения, особенно которые могут негативно отразиться на прочности и устойчивости бортов котлована.

В глубоких котлованах, после их разработки, не следует предусматривать забивку и вибропогружение свай. При наличии распорных конструкций это невозможно, так как мешают распорки, а при анкерном креплении при динамических воздействиях могут "поползти" корни анкеров.





## Пример расчета крепления борта котлована с помощью программы WALL-3

```

*****
*   Программа WALL-3   *
*   версия 3.4+, 06/2001 *
*       #   0790       *
*****

ОБЪЕКТ                Sechenie 5-5

Расчет.....                поэтапный
*****
                        Исходные данные
*****
Расчетная схема .....                анкерная
*****
*                   ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ                   *
*****
Глубины котлована по этапам (м) .....                3.00
.....                7.50
.....                11.00
.....                14.00
Глубины разделов слоев грунта (м) .....                2.40
.....                4.90
.....                10.70
.....                11.60
.....                13.80
.....                21.50
.....                300.00
Глубина УГВ слева (м) .....                6.90
.....                6.90
.....                6.90
.....                6.90
Глубина УГВ справа (м) .....                6.90
.....                7.50
.....                11.00
.....                14.00
Глубина залегания водоупора (м) .....                12.00
Тип водоупора.....                относительный
Угол наклона пластов грунта (град.) .....                .00
Угол наклона стены (град.) .....                .00
Расстояние шпунт - нагрузка GK (м) .....                1.00
Расстояние шпунт - нагрузка QK (м) .....                .00
Ширина нагрузки QK (м) .....                .00
Глубина приложения нагрузки QK (м) .....                .00
Расстояние анкерная плита - нагрузка PK (м) .....                .00
*****
*                   ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДПОРНОЙ КОНСТРУКЦИИ                   *
*****
Тип конструкции.....                273x9 shag 0.8m
Модуль упругости (кПа) .....                210000000.00
Момент инерции (м*4) .....                .0000810
Угол трения грунта по стене .....                .33
в долях от угла внутреннего трения грунта .....                .33
*****
*                   ХАРАКТЕРИСТИКИ АНКЕРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ                   *
*****
Тип анкерных конструкций.....                инъекц.
.....                инъекц.

```



									инъекц.
Шаг анкерных конструкций (м)									1.60
Глубины установки (м)									2.25
									6.75
									10.35
Предварительная длина (м)									10.00
									10.00
									10.00
Жесткость на растяжение (кН)									157750.00
									157750.00
									157750.00
Усилие натяжения (кН)									150.00
									300.00
									420.00
Углы наклона к горизонту (град.)									20.00
									20.00
									20.00
Длины корня анкеров (м)									6.00
									6.00
									8.00
Диаметр корня анкеров (м)									.22
Величина избыточного давления при инъектировании (кПа)									7500.00
*****									
* НАГРУЗКИ *									
*****									
Распределенная от пригрузки GK (кПа)									20.00
Распределенная от нагрузки ОК (кПа)									.00
Пригрузка РК за анкерной плитой (кПа)									.00
Активное давление									нормальное
*****									
* ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУНТА *									
*****									
* Номер слоя	*	1	*	2	*	3	*	4	*
*****									
Объемный вес грунта (кН/м**3)		17.30		16.90		19.60		21.30	
Объемный вес скелета (кН/м**3)		15.31		14.77		16.12		15.23	
Сцепление (кПа)		13.00		11.00		17.00		14.00	
Угол внутреннего трения (град.)		21.80		22.80		21.40		33.00	
Коэффициент постели (кН/м**4)		5000.00		15000.00		8280.00		8300.00	
Коэффициент бокового давления грунта в покое		.50		.50		.50		.50	
*****									
* Номер слоя	*	5	*	6	*	7	*	8	*
*****									
Объемный вес грунта (кН/м**3)		16.80		16.90		20.80			
Объемный вес скелета (кН/м**3)		12.04		11.87		17.51			
Сцепление (кПа)		82.00		105.00		.00			
Угол внутреннего трения (град.)		5.90		6.50		31.40			
Коэффициент постели (кН/м**4)		7100.00		7560.00		7000.00			
Коэффициент бокового давления грунта в покое		.70		.70		.40			

```

*****
                          Результаты расчета
*****
                          *****
                          * Этап строительства N 1 *
                          *****
*****
*                          ПОДПОРНАЯ      КОНСТРУКЦИЯ                          *
*****
Заглубление стены (м)..... 15.00
Максимальное горизонтальное
перемещение (см)..... .639
Максимальный изгибающий
момент (кН*м)..... 15.05
Максимальная поперечная
сила (кН)..... 13.98
Коэффициент запаса общей устойчивости..... 5.71

                          *****
                          * Этап строительства N 2 *
                          *****
*****
*                          ПОДПОРНАЯ      КОНСТРУКЦИЯ                          *
*****
Заглубление стены (м)..... 10.50
Максимальное горизонтальное
перемещение (см)..... 2.004
Максимальный изгибающий
момент (кН*м)..... 74.42
Максимальная поперечная
сила (кН)..... 65.73
Коэффициент запаса общей устойчивости..... 2.26

*****
*                          АНКЕРНЫЕ      КОНСТРУКЦИИ                          *
*****
* Характеристики * 1 * 2 * 3 *
*****
Расчетное усилие (кН) 170.40
Несущая способность (кН) 558.45
Коэффициент надежности 3.28
Требуемая свободная
длина (м) 15.01
                          *****
                          * Этап строительства N 3 *
                          *****
*****
*                          ПОДПОРНАЯ      КОНСТРУКЦИЯ                          *
*****
Заглубление стены (м)..... 7.00
Максимальное горизонтальное
перемещение (см)..... 3.282
Максимальный изгибающий
момент (кН*м)..... 132.74
Максимальная поперечная
сила (кН)..... 142.01
Коэффициент запаса общей устойчивости..... 1.48

*****
*                          АНКЕРНЫЕ      КОНСТРУКЦИИ                          *
*****
* Характеристики * 1 * 2 * 3 *

```



*****			
Расчетное усилие (кН)	109.35	358.19	
Несущая способность (кН)	558.45	1156.76	
Коэффициент надежности	5.11	3.23	
Требуемая свободная длина (м)	13.49	10.05	
*****			
* Этап строительства N 4 *			
*****			
*****			
* ПОДПОРНАЯ КОНСТРУКЦИЯ *			
*****			
Заглубление стены (м).....		4.00	
Максимальное горизонтальное перемещение (см).....		2.963	
Максимальный изгибающий момент (кН*м).....		112.20	
Максимальная поперечная сила (кН).....		152.09	
Коэффициент запаса общей устойчивости.....		1.20	
*****			
* АНКЕРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ *			
*****			
* Характеристики *	1	2	3
*****			
Расчетное усилие (кН)	113.66	279.98	467.54
Несущая способность (кН)	558.45	1156.76	566.97
Коэффициент надежности	4.91	4.13	1.21
Требуемая свободная длина (м)	12.83	9.95	7.36
*****			

\*\*\*\*\*  
 \* Программа WALL-3 \*  
 \* версия 3.4+, 06/2001 \*  
 \* # 0790 \*  
 \*\*\*\*\*

ОБЪЕКТ Sechenie 5-5

Расчет..... поэтапный  
 \*\*\*\*\*  
 Исходные данные  
 \*\*\*\*\*  
 Расчетная схема ..... анкерная  
 \*\*\*\*\*  
 \* ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ \*  
 \*\*\*\*\*

Глубины котлована по этапам (м) .....	3.00
.....	7.50
.....	11.00
.....	14.00
Глубины разделов слоев грунта (м) .....	2.40
.....	4.90
.....	10.70
.....	11.60
.....	13.80
.....	21.50
.....	300.00
Глубина УГВ слева (м) .....	6.90
.....	6.90
.....	6.90
.....	6.90
Глубина УГВ справа (м) .....	6.90
.....	7.50
.....	11.00
.....	14.00
Глубина залегания водоупора (м) .....	12.00
Тип водоупора.....	относительный
Угол наклона пластов грунта (град.) .....	.00
Угол наклона стены (град.) .....	.00
Расстояние шпунт - нагрузка GK (м) .....	1.00
Расстояние шпунт - нагрузка QK (м) .....	.00
Ширина нагрузки QK (м) .....	.00
Глубина приложения нагрузки QK (м) .....	.00
Расстояние анкерная плита - нагрузка PK (м) .....	.00
*****	
* ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДПОРНОЙ КОНСТРУКЦИИ *	
*****	
Тип конструкции.....	273x9 s800
Модуль упругости (кПа) .....	210000000.00
Момент инерции (м**4) .....	.0000810
Угол трения грунта по стене	
в долях от угла внутреннего трения грунта .....	.00
*****	
* ХАРАКТЕРИСТИКИ АНКЕРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ *	
*****	
Тип анкерных конструкций.....	инъекц.
.....	инъекц.
.....	инъекц.
Шаг анкерных конструкций (м) .....	1.60
Глубины установки (м) .....	2.19
.....	6.83





\* Этап строительства N 1 \*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

*	ПОДПОРНАЯ	КОНСТРУКЦИЯ	*
*****			
Заглубление стены (м).....			16.50
Максимальное горизонтальное перемещение (см).....			.748
Максимальный изгибающий момент (кН*м).....			17.38
Максимальная поперечная сила (кН).....			140.28
Коэффициент запаса общей устойчивости.....			6.14

\*\*\*\*\*

\* Этап строительства N 2 \*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

*	ПОДПОРНАЯ	КОНСТРУКЦИЯ	*
*****			
Заглубление стены (м).....			12.00
Максимальное горизонтальное перемещение (см).....			3.912
Максимальный изгибающий момент (кН*м).....			114.87
Максимальная поперечная сила (кН).....			140.28
Коэффициент запаса общей устойчивости.....			2.47

\*\*\*\*\*

*	АНКЕРНЫЕ	КОНСТРУКЦИИ	*
*****			
Характеристики	*	1	*
		2	*
		3	*
*****			
Расчетное усилие (кН)	226.84		
Несущая способность (кН)	558.45		
Коэффициент надежности	2.46		
Требуемая свободная длина (м)	16.92		

\*\*\*\*\*

\* Этап строительства N 3 \*

\*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

*	ПОДПОРНАЯ	КОНСТРУКЦИЯ	*
*****			
Заглубление стены (м).....			8.50
Максимальное горизонтальное перемещение (см).....			5.521
Максимальный изгибающий момент (кН*м).....			169.04
Максимальная поперечная сила (кН).....			160.41
Коэффициент запаса общей устойчивости.....			1.64

\*\*\*\*\*

*	АНКЕРНЫЕ	КОНСТРУКЦИИ	*
*****			
Характеристики	*	1	*
		2	*
		3	*
*****			
Расчетное усилие (кН)	150.98	402.14	
Несущая способность (кН)	558.45	98.17	
Коэффициент надежности	3.70	.24	



Требуемая свободная							
длина (м)		15.60	11.92				
*****							
* Этап строительства N 4 *							
*****							
* ПОДПОРНАЯ КОНСТРУКЦИЯ *							
*****							
Заглубление стены (м).....				5.50			
Максимальное горизонтальное							
перемещение (см).....				5.043			
Максимальный изгибающий							
момент (кН*м).....				150.61			
Максимальная поперечная							
сила (кН).....				183.40			
Коэффициент запаса общей устойчивости.....				1.25			
*****							
* АНКЕРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ *							
*****							
Характеристики	*	1	*	2	*	3	*
*****							
Расчетное усилие (кН)		156.36		295.64		524.75	
Несущая способность (кН)		558.45		1542.34		108.24	
Коэффициент надежности		3.57		5.22		.21	
Требуемая свободная							
длина (м)		12.92		9.94		7.53	
*****							