

Специфические проблемы инженерно-геологических изысканий для строительства канализационных сооружений



Заглавное фото: [4]

При инженерных изысканиях для проектирования и строительства линейных сооружений, особенно канализационных, необходимо принимать во внимание ряд специфических сложностей, которые частично отличаются от таковых в отношении большинства других типов строительных объектов. Создание канализационных сооружений требует особого подхода, поскольку в этих случаях в первую очередь приходится решать вопросы земляных работ. Поэтому необходимо особенно тщательно учитывать геоморфологические, геологические, гидрогеологические и антропогенные факторы, которые влияют на реализацию проектов подземных канализационных сетей во многих отношениях.

Эти проблемы кратко рассмотрены в обзоре «Специфические проблемы инженерно-геологических изысканий для строительства канализационных сооружений» [3], который был опубликован в 2020 году в сборнике *Materials Science and Engineering* («Материаловедение, строительство и архитектура») из серии *IOP Conference Series*, выпускаемой по материалам научных конференций издательской компанией *IOP Publishing* от британской благотворительной научной организации *IoP (Institute of Physics – «Институт физики»)*.

Авторы указанной статьи – представители кафедры инженерной геологии факультета горного дела и геологии Технического университета в Остраве (Чехия) и кафедры инженерной геологии инженерного факультета Республиканского университета в Сивасе (Турция). Содержимое их работы [3] может быть использовано (скопировано, переведено, адаптировано, видоизменено в любых целях, включая коммерческие) в соответствии с

условиями лицензии Creative Commons Attribution 3.0 при условии указания правильной ссылки на первоисточник.

Представляем вниманию читателей сокращенный адаптированный перевод этого обзора с привлечением дополнительных иллюстративных материалов, выполненный аналитической службой редакции журнала «Геоинфо».

НЕМЕЦ ДОМИНИК (NIEMIEC DOMINIK)

Кафедра инженерной геологии факультета горного дела и геологии Технического университета в Острове (VSB), г. Острава, Чехия, dominik.niemiec@vsb.cz

МАРШАЛКО МАРИАН (MARSCHALKO MARIAN)

Кафедра инженерной геологии факультета горного дела и геологии Технического университета в Острове (VSB), г. Острава, Чехия

ЙИЛМАЗ ИСИК (YILMAZ ISIK)

Кафедра инженерной геологии инженерного факультета Республиканского университета в Сивасе (Университета «Сивас Кумхуриет»), г. Сивас, Турция

СОМБАТИ ЭРИК (SOMBATHY ERIK)

Кафедра инженерной геологии факультета горного дела и геологии Технического университета в Острове (VSB), г. Острава, Чехия

ЯНГ ШУРАН (YANG SHURAN)

Кафедра инженерной геологии факультета горного дела и геологии Технического университета в Острове (VSB), г. Острава, Чехия

КУБАЧ ЯН (KUBAC JAN)

Кафедра инженерной геологии факультета горного дела и геологии Технического университета в Острове (VSB), г. Острава, Чехия

МАТУШКОВА БАРБАРА (MATUSZKOVA BARBARA)

Кафедра инженерной геологии факультета горного дела и геологии Технического университета в Острове (VSB), г. Острава, Чехия

ДУРАЙ МИЛОШ (DURAJ MILOS)

Кафедра инженерной геологии факультета горного дела и геологии Технического университета в Острове (VSB), г. Острава, Чехия

МЕНДЕС ЭСТЕВАО (MENDES ESTEVAO)

Кафедра инженерной геологии факультета горного дела и геологии Технического университета в Острове (VSB), г. Острава, Чехия

Введение

Канализационные сооружения представляют собой особые конструкции, используемые при различных видах гражданского строительства. То, что одно из их измерений является существенно доминирующим, определяет специфику инженерно-геологических изысканий для них.

Канализационные трубы размещают в вырытых траншеях, которые потом засыпаются (рис. 1). Нагрузка на эти трубы не является слишком большой, поэтому обычно не приходится решать вопросы, связанные с несущей способностью, что является основным условием для возведения большинства других инженерных сооружений. Однако здесь необходимо учитывать возможность неравномерных осадок поверхности грунта, вновь сформированной после окончания строительства, особенно из-за того что над линиями канализации часто проходят дороги, на которых не должно возникать неровностей. Проблемами, связанными с проектированием и строительством канализационных сооружений, занимаются многие исследователи (см. в конце список литературы, использованной авторами переведенной статьи. – *Ред.*).

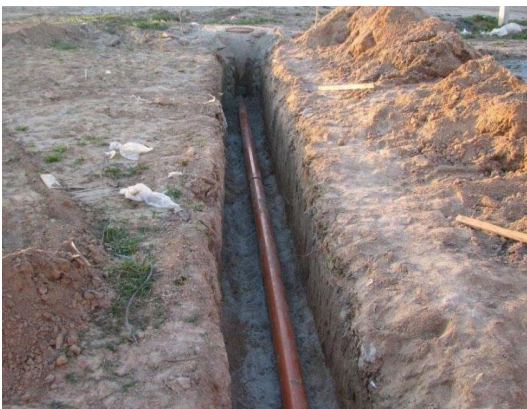


Рис. 1. Канализационные трубы укладывают в вырытые траншеи, которые потом засыпают [1]

Основные аспекты инженерно-геологических изысканий для строительства канализационных сооружений

Ряд важнейших особенностей проектирования и строительства канализационных сооружений определяют *геоморфологические условия*, которые необходимо изучить при инженерных изысканиях. Если поверхность земли ровная и горизонтальная, то проблем с выемкой грунта будет гораздо меньше, чем в случае местности с большими уклонами. При беспокойном рельефе геологическое строение и гидрогеологические условия обычно более изменчивы вдоль трассы линейного сооружения. А местность со спокойным рельефом с большей вероятностью будет иметь ненапорный водоносный горизонт, но с расположением уровня грунтовых вод ближе к поверхности. Поэтому обычно чем более фрагментированной является геоморфология, тем выше бывают затраты на создание канализационных сетей.

Очень важной характеристикой канализационных сооружений является *материал, из которого изготовлены трубы*. В основном это пластик, который не подвержен коррозии. Однако, если по какой-то причине приходится использовать металлические трубы, то необходимо учитывать агрессивность воды по отношению к ним. В таких случаях важную роль играет химический состав грунтов и грунтовых вод, и его тоже необходимо тщательно исследовать.

Наиболее важным при инженерно-геологических изысканиях для строительства канализационных сооружений является определение выполнимости земляных работ тем или иным методом, что определяется *категориями (группами) грунтов по трудности их разработки различными машинами* (которые могут различаться в разных странах). Этим категориям соответствуют способы выполнения земляных работ, типы используемых машин, их изнашиваемость и соответствующее *количество затрат* времени и денег. Поэтому очень важно определить стоимость земляных работ для отдельных категорий грунтов по трудности разработки, поскольку она может составлять значительную часть от всех затрат на строительство. Очень важно понимать, можно ли проводить выемку грунта такой наиболее распространенной

землеройной машиной, как экскаватор, или нет. Если да, то земляные работы могут быть дешевле и выполняться более крупными компаниями.



Рис. 2. Важно выяснить, есть ли возможность проводить выемку грунта такой наиболее распространенной землеройной машиной, как экскаватор (на фото – мини-экскаватор), или нет [2]

Очень важным аспектом при строительстве канализационных сооружений является обеспечение *устойчивости стенок траншей*, выкопанных для укладки труб. Для этого при изысканиях наиболее важно определить физико-механические свойства грунта, образующего стенки, в сочетании с гидрогеологическими условиями и глубиной выемки. Чем ниже прочность грунтов на сдвиг и чем больше глубина траншеи, тем труднее обеспечить стабильность и тем выше требования к ней. Если гидрогеологические условия таковы, что траншея частично или полностью оказывается под водой, то сложность обеспечения ее устойчивости возрастает, поскольку сильно изменяются физико-механические параметры грунтов. Наибольшее влияние на стабильность оказывают изменения гидрогеологических условий, особенно резкие изменения уровня грунтовых вод.



Рис. 3. При строительстве канализационного сооружения важна устойчивость стенок траншеи, выкопанной для укладки труб [1]

Еще одной особенностью инженерно-геологических изысканий для создания канализационных сооружений является необходимость определения доступности достаточного количества *материала для засыпки труб*. Если вынутый при рытье траншеи грунт не подходит для этой цели, то необходимо иметь другой источник нужного материала с соседних территорий. Грунт вокруг труб после засыпки должен обеспечить отсутствие деформаций их стенок при сжатии, поэтому для этого обычно используют песчаные материалы. В то же время надо учесть,

что трубы не должны лежать на участках скальных грунтов (или на их обломках) с острыми краями, потому что впоследствии это тоже может привести к повреждениям.



Рис. 4. Грунт после засыпки труб должен обеспечить отсутствие деформаций их стенок при сжатии, поэтому для этого обычно используют песчаные материалы, которые до определенной степени утрамбовывают [1]

Очень важно правильно выбрать *грунтовый материал для обратной засыпки вышележащей части траншеи* (прежде всего по их физико-механическим свойствам, особенно по плотности и рыхлости). Потому что, если неадекватно изменить свойства заполняющего траншею грунта по сравнению с его исходным состоянием до выемки, то можно изменить потоки грунтовых вод. А это может привести к чрезмерному увлажнению или высыханию земли вокруг и оказаться нежелательным для окружающей среды и даже вызвать правовые проблемы. Нельзя изменять гидрогеологические условия на той или иной территории без согласия ее собственника или без необходимости их изменения. Однако бывают случаи, когда траншея и материалы обратной засыпки в ней параллельно используются для дренажа. В любом случае во избежание очень серьезных последствий необходимо уделять этому аспекту большое внимание.

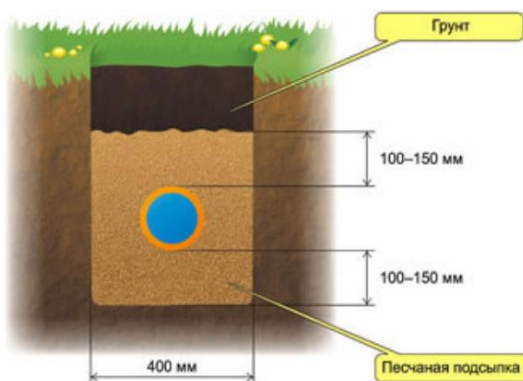


Рис. 5. Пример послойной обратной засыпки канализационной трубы и траншеи [1]

Для проектирования канализационных сооружений следует выполнять *геологическое картирование* в небольших масштабах (от 1:1000 до 1:5000). Также было бы целесообразным проведение геофизических исследований разреза вдоль предполагаемой линии будущего сооружения, но на деле это происходит нечасто. Затем на основе интерпретации полученных

данных необходимо провести бурение инженерно-геологических скважин, исследовать пробы грунта, выполнить статическое или динамическое зондирование грунта в необходимых местах. На основании этого должен быть построен *продольный инженерно-геологический разрез* с обозначением категорий грунта по трудности разработки и с указанием гидрогеологических условий. К сожалению, на практике и это случается редко. Экскаваторы часто выкапывают траншеи без какого-либо проекта, а фактическая цена этих работ определяется в соответствии с выявленными в их процессе категориями грунтов. Однако на участках со сложным геологическим строением такой подход является очень рискованным и неэкономичным, что вызывает проблемы во взаимоотношениях между строителями и заказчиками или инвесторами.

С точки зрения трудности разработки грунтов самое главное при инженерных изысканиях – выяснить *распределение дисперсных, скальных и слабых скальных грунтов* как по вертикали, так и по горизонтали. Наличие скальных пород является серьезной проблемой при строительстве канализационных сооружений из-за большого сопротивления таких грунтов резке или разбиванию. В случае слабых скальных пород важную роль играет размер их фрагментов, связанный с характером и распределением нарушений сплошности массива. Чем крупнее эти фрагменты, тем труднее выемка грунта. В случае дисперсных отложений очень важно, являются ли они глинистыми, пылеватыми, песчаными или гравийными. Для очень мелкозернистых грунтов решающее значение имеет их консистенция, поскольку выемка твердых и очень твердых из них более сложна по сравнению, например, с мягкими или рыхлыми.

В рамках этого вопроса во время инженерно-геологических изысканий важно более детально сосредоточиться на следующем. Во-первых, необходимо обратить особое внимание на участки, где скальные породы выходят на поверхность. На них создание траншей будет более дорогим и технически сложным (например, с использованием взрывных работ, машин ударного действия). Еще один важный аспект – выяснить, есть ли в пределах планируемой глубины траншеи вдоль всей ее трассы скальное основание. Чем оно ближе к дневной поверхности, тем создание траншеи дороже. Тут надо не только учесть возможное повышение стоимости строительства, но и правильно выбрать или адаптировать методику земляных работ.

Коренные скальные породы часто являются дочетвертичными, но иногда дочетвертичные грунты могут быть дисперсными. С этим вопросом связана мощность лежащих с поверхности дисперсных отложений и их характер. Чем мощнее и выветреннее их толща, тем ниже стоимость земляных работ.

Еще один аспект, на котором нужно сосредоточиться, это *гидрогеологические условия*. Особенно важно обратить внимание на участки, где уровень грунтовых вод расположен близко к поверхности земли. Чем ближе он к поверхности, тем сложнее и дороже строительство канализационного сооружения. В связи с этим часто приходится использовать ограждение стенок траншеи или откачивать воду. Также необходимо знать, является ли водоносный горизонт напорным или безнапорным. Если где-то вдоль линии траншеи имеется участок с напорным водоносным горизонтом, то создание канализационного сооружения становится еще более дорогим и технически сложным. Еще необходимо рассмотреть возможности потенциальных притоков грунтовых вод. Очень важно также определить возможное негативное влияние на окружающую среду, если при откачке воды из траншеи будет снижаться уровень грунтовых вод на окружающей территории.

Большие объемы земляных работ, необходимые для строительства канализационных сооружений, всегда происходят в геологической среде. На участках большой протяженности при этом приходится сталкиваться с огромным количеством *конфликтов интересов*, в том числе пересечений с другими инженерными сетями, продуктопроводами, основаниями зданий (а также корнями деревьев (рис. б). – *Ред.*) и т. д. Ведь, например, повреждение оптических или электрических кабелей может не только привести к большим финансовым потерям, но и поставить под угрозу безопасность людей. Другие конфликты интересов могут быть вызваны, например, возможным наличием в местах земляных работ памятников археологии или природы. Этим

вопросам при инженерных изысканиях и их учету при разработке проектов канализационных сетей нужно уделять очень большое внимание.



Рис. 6. Трасса канализационного сооружения может пересекать трассы других инженерных сетей, продуктопроводов, основания зданий, корни деревьев и т. д. [2]

Если оценивается устойчивость грунта вдоль подземной линии канализации, то важным аспектом является наличие существующих *деформаций склонов* или возможность их активизации (например, при рытье траншеи). Не всегда можно избежать встречи трассы сооружения с деформациями склонов. Но совершенно очевидно, что в условиях активных оползней вести строительство нельзя. Если же выполняются работы на стабильном склоне, то применяется правило, согласно которому создание канализационного сооружения не должно снижать устойчивость грунтового массива. Наоборот, следует повысить стабильность последнего, например за счет понижения уровня грунтовых вод благодаря устройству дренажа в нижней части канализационной траншеи. При планировании прокладки трассы через деформированный участок на склоне приоритет всегда должен быть у ее ориентации по уклону. Однако делать это нужно по согласованию с собственниками земли, которые могут иметь колодцы в этом районе. Либо на склоновых участках могут встречаться родники, используемые для получения питьевой воды, а значит изменять гидрогеологические условия в таких случаях нельзя.

Хотя канализационные сооружения не особо требовательны к несущей способности их грунтовых оснований, *участки с чрезвычайно низкой несущей способностью* представляют собой исключения. Такими участками могут быть болота, торфяники, органические отложения вблизи ручьев и рек (как недавние, так и ископаемые). Тогда необходимо обеспечить замену грунтов основания и дна траншеи на другие материалы – с улучшенными свойствами.

Еще один аспект, на который надо обратить внимание при создании канализационного сооружения, – это *доступность площадок строительства* для транспорта и строительной техники. Здесь надо определить участки, которые являются крайне непроходимыми (например, болота или торфяники), или участки, которые являются сезонно непроходимыми (например, в начале весны при таянии снега в сочетании с атмосферными осадками, когда изменяется консистенция очень мелкозернистых или пылеватых грунтов). В последнем случае земля налипает на колеса. Более того, транспорт и строительная техника вообще могут увязнуть. К тому же увеличиваются затраты на последующее благоустройство участков строительства и на удаление грязи с окружающих асфальтированных дорог.

Приходится решать еще три вопроса, связанных с доступностью трассы будущего канализационного сооружения для транспорта и строительной техники. Во-первых, надо выбрать подход, позволяющий избежать прокладки линии канализации через непроходимые по геологическим причинам участки местности (обладающие экстремальными уклонами, сложенные морфологически фрагментированными скальными грунтами или органическими сжимаемыми осадочными отложениями и т. д.). Во-вторых, надо различать доступность площадок

строительства для различных видов машин (например, экскаваторы вполне могут проезжать по определенным грунтам с низкой несущей способностью благодаря своим опорным системам, а грузовики могут легко увязнуть на таких участках). И в-третьих, нужно определить правильное время прибытия персонала, техники и материалов к местам строительства с учетом климатических условий. Если возможно повлиять на это время, то необходимо выбрать более сухой период.

Предпоследним вопросом является *оценка характера приповерхностного грунта (почвы), вынутого при рытье канализационной траншеи*. Его обычно нельзя использовать для обратной засыпки траншеи или еще где-то в строительстве. Но необходимо оценить его с точки зрения дальнейшего применения в сельском хозяйстве (в соответствии с принципами защиты сельхозугодий) и/или для озеленения участков строительства после завершения реализации проекта. Это особенно касается территорий, сложенных эоловыми лессами, поскольку они являются ценными сельскохозяйственными угодьями.

Последним вопросом является возможная *необходимость бестраншейной прокладки трубопровода методом продавливания* (горизонтального или наклонного нажимного прокола, вибропрокола, ударно-вибрационного прокола или гидропрокола грунта трубой или колонной труб. – Ред.). Этот метод используется на участках, на которых по какой-то причине нельзя вырыть траншею. Его тем проще и дешевле применять, чем меньше трудность разработки грунта (чем ниже соответствующая категория). При этом максимальное продавливающее усилие, действующее на трубу (со стороны нажимной насосно-домкратной установки или другого оборудования в зависимости от используемой технологии), должно быть больше, чем сумма максимального сопротивления грунта внедрению переднего конца трубы и максимального трения по ее боковой поверхности. Кроме того, необходимо обеспечить точность прокола и устойчивость окружающего грунта в процессе продавливания и после него, чтобы не было подтопления и осадок. Также надо обеспечить возможность подготовки стартовой выработки, например с помощью шпунтовых или других свай или с использованием наклонной разработки. (Для более плотных отложений с хорошим сцеплением или даже для скальных грунтов может использоваться следующий способ, похожий на метод прокола: из стартовой выработки выполняется горизонтально-направленное бурение скважины, в которую затем вставляется труба (рис. 6). – Ред.)



Рис. 7. Для более плотных грунтов с хорошим сцеплением или даже для скальных грунтов вместо методов укладки трубы в траншею или продавливания может использоваться горизонтально-направленное бурение скважины, в которую затем вставляется труба [1]

Выводы

Создание канализационных сооружений по сравнению с другими типами строительных объектов является относительно простым. Однако оно требует особого подхода, при котором необходимо применять эмпирический опыт реализации предыдущих проектов. Это означает, что

компания, осуществляющие этот тип строительства, должны выбирать инженеров-геологов, геотехников и проектировщиков, у которых уже есть этот опыт.

С помощью инженерно-геологических изысканий для строительства канализационного сооружения необходимо получить подробную информацию по таким аспектам, как: необходимость прокладки канализационного трубопровода; геоморфологические, геологические и гидрогеологические условия; выполнимость земляных работ; возможность и тип подходящих земляных работ; устойчивость грунта, слагающего стенки траншеи; выявление зон залегания грунтов основания с крайне низкой несущей способностью вдоль предполагаемой трассы сооружения; проходимость местности для транспорта и строительной техники; возможность получения грунтовых материалов для обратной засыпки траншеи и пр. (Еще авторы забыли указать на необходимость определения возможной глубины промерзания грунта зимой, поскольку глубина укладки канализационных труб должна быть ниже этого уровня либо трубы должны быть правильно утеплены, что очень важно для большинства регионов России, но, вероятно, не так важно для Чехии. – *Ред.*)

Существенным недостатком строительства канализационных сооружений в Чешской Республике является то, что оно часто ведется без предварительных инженерно-геологических изысканий. Но это порождает ряд трудностей, которые увеличивают затраты времени и денег, а в некоторых случаях приводят к разрушениям.

Еще одним общим недостатком является то, что при выемке грунта не используются результаты изысканий, а только учитываются конфликты интересов, связанные с известным расположением существующих инженерных сетей.

Если инженерно-геологические изыскания выполнены качественно и в нужном объеме, то города или муниципалитеты могут использовать их результаты и для некоторых других нужд. Например, может оказаться возможным осушение определенных участков, которые являются влажными и не могут быть в таком состоянии использованы. В случае комбинированного использования канализационного сооружения и дренажной системы имеется незатратная возможность более широкого полезного использования результатов строительства.

Источники

1. Технология и особенности прокладки канализационных труб в земле // Энциклопедия труб. URL: infotruby.ru/svoimi-rukami/prokladka-kanalizatsionnyh-trub-v-zemle.
2. Технология прокладки канализационных труб в земле // AQUEO.RU. Дата последнего обращения: 20.02.2022. URL: aqueo.ru/kanalizaciya/prokladki-kanalizacionnykh-trub-zemle.html.
3. Niemiec D., Marschalko M., Yilmaz I., Sombathy E., Yang Sh., Kubac J., Matuszkova B., Duraj M., Mendes E. Specific problems of engineering geological survey of sewer constructions // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (MSE). 2020. Vol. 960. № 4. P. 042107. DOI:10.1088/1757-899X/960/4/042107.
4. pixabay.com/ru/photos/траншея-земля-рытье-работы-2750948/.

Список литературы, использованной авторами переведенной статьи

Behrens M., Wilcockson D., Hashim M. Steel immersed tube tunnels where tunnel boring machines cannot operate – Yarra River crossing construction on the Melbourne main sewer replacement project // Proceedings of the 14th Australasian Tunnelling Conference 2011: Development of Underground Space. Engineers Australia and Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2011. P. 29.

- Croce P., Di Maio S., Speciale G., Cassibba L. Design and construction of sewer tunnel in difficult site conditions // Proceedings of the 7th International Symposium on the Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground (TC28-IS, Rome). London, United Kingdom: Taylor & Francis Group. 2011. P. 157–164.
- Hashim M., Behrens M., Wilcockson D. Design and Construction of Yarra River Crossing Cofferdam for Melbourne Main Sewer Replacement Project // Proceedings of the 5th Civil Engineering Conference in the Asian Region and Australasian Structural Engineering Conference 2010. Engineers Australia, 2010. P. 412.
- Helfrich S.C. Investigation of sewer-line failure // Journal of Performance of Constructed Facilities. 1997. Vol. 11. № 1. P. 42–44.
- Kwong J.K., Wanner W., Construction of sewers by microtunneling in highly congested utility corridors // Proceedings of the ASCE Pipeline Division Specialty Conference “Pipelines 2001: Advances in Pipelines Engineering and Construction”, San Diego, California, July 15–18, 2001. P. 1–15, 2001.
- Matthews J. Sewer rehabilitation using an ultraviolet-cured GFR cured-in-place pipe // Practice Periodical on Structural Design and Construction. 2013. Vol. 20. № 1. Article ID 04014021.