

В методах оценки на основе детерминированных расчётов строго задана зависимость между рассматриваемыми признаками, поэтому исследование приводит к однозначным выводам.

Основные принципы методов на основе детерминированных расчётов: наличие достоверной информации о техническом состоянии конструкций; выбор оптимальной степени аппроксимирующего многочлена основывается на допущении, что искомая функциональная зависимость описывается с достаточным приближением, а измеренные значения содержат только случайные ошибки, поскольку многочлен слишком низкой степени даёт грубое описание эмпирического материала, а многочлен высокой степени не сглаживает случайные отклонения; для достижения объективной оценки значения остаточного ресурса при накоплении достаточного экспериментального материала предполагается использование случайных функций.

Такой подход дает возможность рассчитывать остаточный ресурс по следующим признакам: изменению параметров несущей способности конструкций; коэффициенту запаса по видам предельных состояний; изменению параметров технического состояния; степени физического износа; нормативным срокам эксплуатации до капитального ремонта.

При оценке остаточного ресурса зданий в детерминированной постановке, обычно, принимают готовые зависимости, используя многочлены различной степени. Многочлен низкой степени приведет к слишком грубому описанию процесса, а многочлен высокой степени не позволит сгладить отклонения, таким образом, зависимость, отображающая характер снижения функциональных качеств конструкций, должна быть достаточно обоснована. Она должна учитывать (при отсутствии или недостаточности данных), хотя бы логически, процесс потери функциональной способности конструкций во времени. В противном случае экстраполяция выбранного закона изменения поведения конструкций по анализируемому параметру, до её предельного состояния, может привести к значительным ошибкам, причем, иногда с тяжёлыми последствиями.

Детерминированные методы имеют достоинства (обоснованность, детальная проработка, простота применения), однако обладают рядом существенных недостатков, которые связаны с постепенным устареванием используемых при их разработке методологических и нормативных предпосылок, что обуславливает необходимость дальнейшего изучения и нахождения более точной методики определения остаточного ресурса.

На сегодня детерминированные модели оценки остаточного ресурса имеют наибольшее распространение, что обусловлено их относительно небольшой трудоёмкостью и приемлемой точностью.

Список литературы

- 1 **Пермяков, М. Б.** Расчет и оценка остаточного ресурса зданий / М. Б. Пермяков // Современные строительные технологии, конструкции и материалы : сб. науч. тр. ; под ред. М. Б. Пермякова. – Магнитогорск : Магнитогор. гос. техн. ун-т им. Г. И. Носова, 2011. – С. 17–22.
- 2 **Васильев, А. А.** Техническое обследование строительных объектов (с электронным приложением) : учеб. / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 429 с. – 1 электрон. опт. диск (CD-R). – 18 Мб.
- 3 К вопросу оценки остаточного ресурса зданий и сооружений/ А. А. Васильев [и др.] // OPEN INNOVATION : сб. статей VIII Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза : МЦНС «Наука и Просвещение», 2019. – С. 46–49.

УДК 621.643

ИННОВАЦИОННЫЕ СПОСОБЫ ЗАМЕНЫ ТРУБОПРОВОДОВ

А. П. СЕЛЮЖИЦКАЯ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

При эксплуатации подземных коммуникаций зачастую невозможно обновить аварийные или устаревшие сети с интенсивным городским трафиком. Замена наружных сетей траншейным способом обязательно бы сопровождалась перекрытием движения, что доставляло бы огромные неудобства.

Основными бестраншейными методами монтажа и ремонта сейчас являются : горизонтальное бурение, прокалывание, продавливание, санация.

Технология Sanivar. Улучшение связи по технологии Sanivar заключается в протягивании прочного рукава непосредственно в трубопровод. Минимальное оборудование позволяет выполнить полную установку за несколько часов [1].

Спирально-навивная технология SWP SL. В спирально-навивную машину, которую опускают на дно колодца, подается профиль ПВХ, из которого формируется новая труба определенного диаметра с высокими гидравлическими свойствами, компенсирующая потери поперечного сечения [1].

Восстановление трубопроводов по методу «Berst-Lining». Реконструкция трубопровода по технологии «Berst-Lining» основана на принципе вытеснения, поэтому не сопровождается вибрацией и ударами. Эспандер имеет четыре раздвижных лепестка. При разведении диаметр старого трубопровода увеличивается до заданного размера. Естественный грунт по периметру трубы может долгое время уплотняться, поэтому новые трубы можно протолкнуть из колодцев на пустое место. В результате получается статически самонесущий новый трубопровод того же номинального размера, что и старая труба. При необходимости сечение может быть увеличено с целью улучшения гидравлических свойств [2].

Метод релайнинга Swagelining – метод перебазирования. Новая труба пропускается через матрицу Swagelining, чтобы уменьшить наружный диаметр. Затем уменьшенная труба протягивается в старую при помощи натяжной головки, закрепленной уже на новом трубопроводе. При помощи тянущей машины труба протягивается. После того, как новая труба установлена в нужном месте предшествующей трубы, новая труба расширяется до тех пор, пока ее внешний диаметр не станет равным внутреннему диаметру старой трубы. Соединение с помощью данного метода является герметичным.

Метод Swagelining имеет несколько разновидностей. Метод U-Liners (Германия), суть которого заключается в следующем: при помощи лебедки в старый трубопровод протягивается высокопрочная ПЭ труба, сечение которой было уменьшено термомеханическим методом. После протягивания ПЭ трубы она обрезается на необходимую длину, концы которой закрываются специальными вентилями с двух сторон, и сжатая паровоздушная смесь нагнетается через специальное отверстие, труба расширяется, занимает свое положение исходного диаметра и плотно прилегает к своим старым стенкам [2].

Метод Rolldawn (Великобритания), суть которого заключается в том, что полиэтиленовая труба с уменьшенным диаметром в старом трубопроводе во время подачи воды принимает первоначальную форму. Для этого концевые участки ПЭ трубы механически принимают первоначальную форму, а также плотно фиксируются концы ремонтируемого участка. После заделки концов труб вода подается под высоким давлением, и на некоторое время весь участок новой трубы прочно прикрепляется к стенке старой.

Инновационные технологии: **GFK-лайнер** (Германия) и **Insituform** (Великобритания).

GFK-лайнер представляет собой бесшовный рукав из фиброгласса (стекловолокна), пропитанного высококачественными светоотверждаемыми смолами – полиэфирной и винилэфирной. При стеклопластиковом способе через отверстие в реконструируемой (ремонтируемой) трубе протягивающим устройством подается рукав из стеклопластика. Концы рукава герметически закрываются заглушками, снабженными соплами для откачки горячего пара, в результате чего рукав расправляется и, принимая форму внутренней полости старой трубы, плотно фиксирует ее стены. Метод позволяет восстанавливать работоспособность негерметичных, поврежденных, загрязненных трубопроводов разного диаметра.

Для трубопроводов диаметром от 100 до 900 мм рукав из стеклопластика упрочняют с помощью ультрафиолетового излучения. Для больших диаметров уже используют метод с применением паростановки.

Перед отверждением растянутый стеклопластиковый рукав расправляется с помощью специального механизма, прижимаясь к внутренней стенке ремонтируемого трубопровода. Восстановленный трубопровод обладает высокой коррозионной стойкостью и огнестойкостью, так как материал, из которого изготовлена втулка, обладает высокой химической и механической стойкостью, минимальными потерями на сечении, устойчив к агрессивным средам.

Метод Insituform (Великобритания). Суть которого заключается в том, что в реконструируемый участок трубопровода вставляется рукав из нетканого синтетического материала, ламинированный синтетической пленкой. Рукав пропитывается полимерной композицией холодного или горячего отверждения, затем помещается в отремонтированный участок. В конце продавливается с помощью воды под давлением.

Сама методика была разработана для избежания сквозных коррозий. В конечном результате на месте изношенной трубы формируется новая, которая принимает все нагрузки на себя.

Несмотря на вышеперечисленные преимущества, существующие процедуры реновации трубопроводов имеют определенные недостатки, связанные в первую очередь со снижением проницаемости трубопровода. Поэтому в настоящее время ведутся активные поиски по устранению этих проблем.

Штанговый разрушитель TERRA-HYDROCRACK HC. При замене старого трубопровода треновой лебедкой марки TERRA-EXTRACTOR работает в комплекте со специальными распорными втул-

ками и пневмопробойниками TERRA-RAMMEN TR. Тросовая лебедка устанавливается на опорах специальной рамы непосредственно над стартовым колодцем. Секции труб соединяются с расширителем для протяжки в приемном колодце. Для этого используются специальные направляющие штанги, равные длине каждой секции, и упорная пластина для фиксации труб. Чтобы распределить натяжение троса лебедки под нагрузкой и без нагрузки, в передней части втулки имеется пружинный механизм, имеющий несколько пружин. При нагрузке (рабочий ход) пружины сжаты, при отсутствии нагрузки пружины обеспечивают необходимое натяжение троса лебедки. Тросовая лебедка установлена над стартовой ямой.

Реконструкция трубопроводных систем с нанесением покрытий на внутреннюю полость трубопровода.

Бестраншейные технологии реконструкции трубопроводов предусматривают нанесение на внутренние стенки старого трубопровода различных покрытий:

1) нанесение цементно-песчаных покрытий (ЦПП) на внутреннюю поверхность восстанавливаемого трубопровода методом напыления (методы ZM (Германия), Taite (Австралия, Великобритания), Preload (США));

2) распыление специальных составов, быстро твердеющих на воздухе и устойчивых к агрессивным веществам (метод «Трайтон» (США) и др.);

3) нанесение обмотки (бесконечной профильной ленты) на внутреннюю поверхность старого трубопровода (метод Panel Lok (Австралия) и др.);

4) нанесение точечных (локальных) покрытий. При этом используются жидкие и полужидкие растворы, которые затвердевают после нанесения на поврежденные поверхности; волокнистые материалы, пропитанные смолой; профилированные резиновые уплотнители; гибкие рукава в трубчатых вкладышах.

Независимо от выбора метода бестраншейной реконструкции трубопроводов выделяют ряд преимуществ: экономия материалов и трудовых ресурсов, снижение экономических затрат за счет сокращения рабочего времени и уменьшения объемов земляных работ. Бестраншейные технологии реконструкции трубопроводов реализуются с минимальным оборудованием и экологически безопасны.

Список литературы

- 1 Линертег [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://linertec.com/technologies/sanivar>. – Дата доступа : 18.09.2022.
- 2 DIRINGER & SCHEIDEL ROHRSANIERUNG [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.dusrohr.de/berstlining>. – Дата доступа : 18.09.2022.
- 3 **Белякова, Е. В.** Современные бестраншейные технологии / Е. В. Белякова, К. А. Головин [Электронный ресурс] // Известия ТулГУ. Естественные науки. – 2009. – № 3. – Режим доступа : cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-bestransheynye-tehnologii. – Дата доступа : 04.12.2016.
- 4 **Орлов, В. А.** Технологии местного бестраншейного ремонта водоотводящих трубопроводов / В. А. Орлов, Е. В. Орлов, П. В. Зверев // Вестник МГСУ. – 2013. – № 7. – С. 86–95.

УДК 624.072

РАСЧЕТ ОРТОТРОПНЫХ ПЛИТ В РЕГУЛЯРНОЙ СИСТЕМЕ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ

К. А. СИРОШ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Объектом работы является ортотропная плита регулярной системы плит, опирающейся на упругое основание. Регулярная система в силу симметрии разбита на соединенные между собой базовые фрагменты – плиты. Плита прямоугольная, с линейными размерами $l_x \times l_y$ и толщиной h . Внешняя нагрузка F прикладывается в центре плиты и действует перпендикулярно плоскости осей системы плиты. Основание представляет собой ограниченный по толщине упругий слой, жестко соединенный с несжимаемым основанием (рисунок 1).

Расчет плиты регулярной системы, лежащей на упругом основании, реализуется итерационным алгоритмом вариационно-разностного метода (ВРМ). Этот метод является численно-аналитическим методом расчета изолированных строительных конструкций, а также методом расчета бесконечных регулярных систем конструкций. Суть метода заключается в замене дифференциальных уравнений конечно-разностными аппроксимациями по правилам метода конечных разностей.