

Чечуга О.С., канд. техн. наук, **Каськів В.І.**, канд. техн. наук, **Лисенко О.П.**,
Лисенко А.М.

ДЕФОРМАЦІЇ, ЯКІ ВИЗНАЧАЮТЬСЯ УМОВАМИ СТАТИЧНОЇ РОБОТИ ТРУБИ В КОНСТРУКЦІЇ “НАСИП – ТРУБА – ОСНОВА”

Анотація. Наведено результати аналізу водопропускних залізобетонних труб на автомобільних дорогах загального користування.

Ключові слова: автомобільна дорога; залізобетонна водопропускна труба; насип; деформації.

Аннотация. Приведены результаты анализа водопропускных железобетонных труб на автомобильных дорогах общего пользования.

Ключевые слова: автомобильная дорога; железобетонные водопропускных труб; насыпь; деформации.

Annotation. The results of the analysis conduit concrete pipes on public highway.

Keywords: road, concrete culverts, embankment, deformations.

Обстеженню водопропускних труб на дорогах не завжди приділялась необхідна увага і тільки випадки появи масової кількості недопустимих деформацій чи окремі крупні аварії привертали до них час від часу увагу експлуатаційних організацій і проектувальників.

Більш системні обстеження стану труб під високими насипами доріг починаються у 40-х – 50-х роках. У роботах В.Я. Ярошенко [1, 2] був узагальнений досвід будівництва і експлуатації цього типу малих штучних споруд в СРСР і за кордоном, даний аналіз деформацій, які спостерігалися на трубах, доказана ефективність заміни малих мостів трубами і визначена область їх раціонального застосування. Ним же запропонований, який застосовується і тепер, метод визначення активного тиску насипу на водопропускні труби.

Подальші роботи по обстеженню стану труб проводилися СоюздорНДИ, Ленінградським інститутом залізничного транспорту, Центральним науково-

дослідним інститутом транспортного будівництва і його Сибірським філіалом, а також цілим рядом інших зацікавлених організацій і закладів. Результати цих обстежень дають достатньо повну уяву про всі види деформацій, які мають місце на водопропускних трубах [3–4].

Накопичений статистичний матеріал дозволяє виділити характерні руйнування конструкції “насип – труба – основа”.

Практика експлуатації підтверджує, що всі види деформацій, які спостерігаються на ділянках доріг із водопропускними трубами можна розділити на три основні групи:

- 1) деформації, які визначаються умовами статичної роботи труби в конструкції “насип – труба – основа”;
- 2) деформації, які визначаються гідравлічними умовами споруди;
- 3) деформації, які визначаються властивостями матеріалів.

Однією із причин деформацій водопропускних труб на автомобільних дорогах слід вважати те, що в практиці проектування і будівництва прийнято розглядати насип і трубу в ньому як різні об’єкти.

Розглянемо більш детально деформації I групи.

Розтягнення труби вздовж вісі: Розтягнення – подовження труби з розкриттям швів між секціями – є одна з найбільш небезпечних деформацій. Розвиток розтягнення починається відразу після відсипки насипу і в більших випадках основна її частина проявляється в перші 1-2 роки.

Уяву про розкриття окремих швів порівняно з першочерговою величиною дає залежність (рис. 1), яка складена по даним обстежень більше 300 труб.

Розкриття окремих швів досягає 20 - 50 см і більше. Величина розтягнення для більшості труб складає 20 - 30 см, а іноді 1 - 2 м і більше. Навіть при невеликих розтягненнях із швів вивалюється матеріал ізоляції. При розкритті швів на 3 - 4 см, як правило, розривається оклеєчна гідроізоляція. Через розкриті шви обводнюється оточуючий трубу ґрунт і проникає в тіло труби. Ґрунт замулює лоток, а в тілі насипу виникають пустоти, що може призвести до осідання дороги. Розтягнення середньої частини труби супроводжується нерівномірними просіданнями секцій, а інколи виникненням в них поперечних тріщин, які потім розкриваються як деформаційні шви.

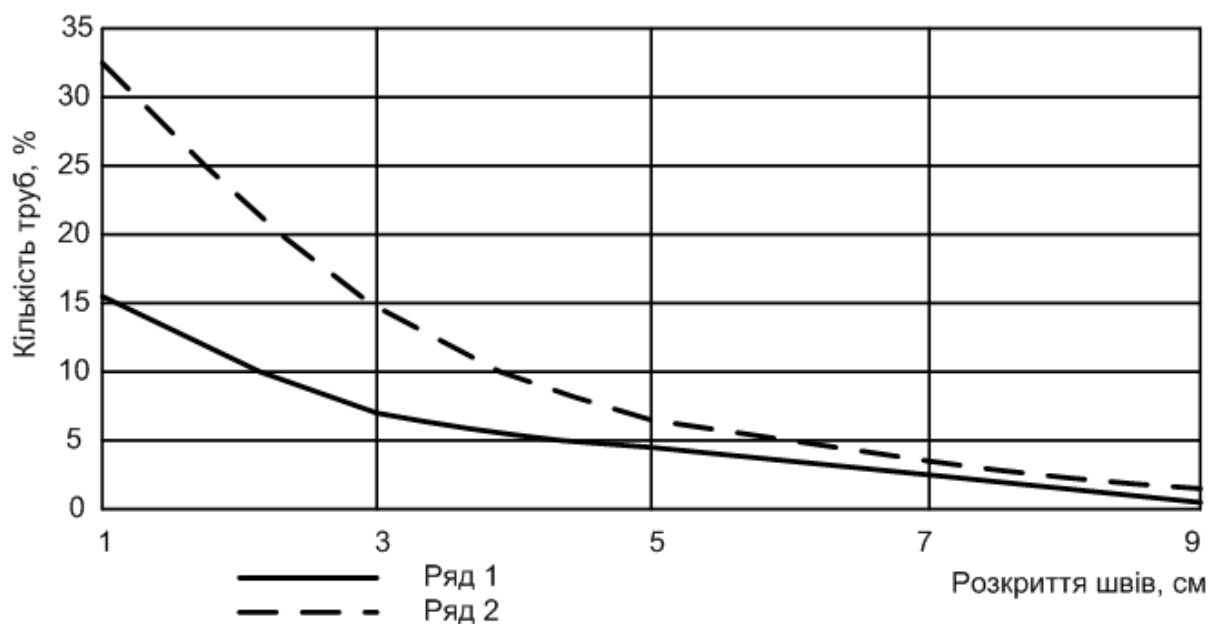


Рис. 1 Розподілення кількості труб в залежності від найбільшої величини розкриття швів: ряд 1 – в середній частині труби; ряд 2 – на кінцевих ділянках

Причини цих деформацій пов'язані, в першу чергу, з поведінкою ґрунту, який оточує трубу.

Просідання секцій – наслідок незворотних деформацій при стисненні ґрунтів основи. Величина його тим більша, чим вищий насип і слабші ґрунти основи. В ряді випадків шкідливих наслідків цього явища – виникнення зворотних похилів, зустрічних уступів – можна уникнути, призначуючи будівельний підйом згідно з передбачуваним просіданням. Але при слабких ґрунтах міцність основи може виявитись недостатньою. В цьому випадку в ньому, крім ущільнення, виникають зсуви в окремих місцях, в яких виникає пластичне руйнування слабого ґрунту і попереднє відтиснення його з під насипу. Одночасно спостерігається поширення нижньої частини насипу, а при наявності труби – підвищення просідання секцій і розтягнення її середньої частини. При цьому розтягнення зазнають труби як на фундаментах мілкового закладання, так і на палях. Кількість деформованих труб і величина деформацій залежать від висоти насипу, міцностних характеристик ґрунту основи і потужності слабого шару. При наявності в верхній частині основи слабких прошарків малої потужності, наприклад, відтаючих мерзлих ґрунтів, розтягнення може виникнути за рахунок зсуву в цьому прошарку без підвищених просіданнях секцій труб.

При невеликих висотах насипів причиною розтягнення труб на автомобільних дорогах може бути дія рухомого навантаження.

Також можна відмітити, що основною причиною розтягнення труби вздовж вісі є пластичні деформації ґрунту, який оточує трубу. Розтягнення інтенсивно розвивається в час засипки труби і в період після будівництва, потім спостерігається затухання деформацій.

Поздовжні та поперечні тріщини в кільцях: Поздовжні тріщини – розповсюджений дефект труб. Тріщини більшою частиною розташовуються по обидві сторони труби симетрично її осі. Величина їх розкриття досягає 25 мм і більше. В ряді випадків в місцях тріщин відмічено відхилення стін в середину труби. В стінах залізобетонних прямокутних труб виникають тріщини з розкриттям до 5 мм.

Поздовжні тріщини в кільцях круглих залізобетонних труб зустрічаються при насипах висотою понад 8 – 10 м і розташовуються в верхній частині перетину. Такі тріщини є результатом перевищення фактичного тиску над розрахунковим, порушення розрахункової схеми обпирання круглих кілець в результаті конструктивних недоліків труби і незадовільного виконання робіт при монтажі, відхилення відносно положення арматури, незадовільної якості матеріалу тощо.

Кількісна оцінка розповсюдження тріщин в кільцях труб дала можливість простежити вплив на цю характеристику висоти земляного полотна (рис. 2).

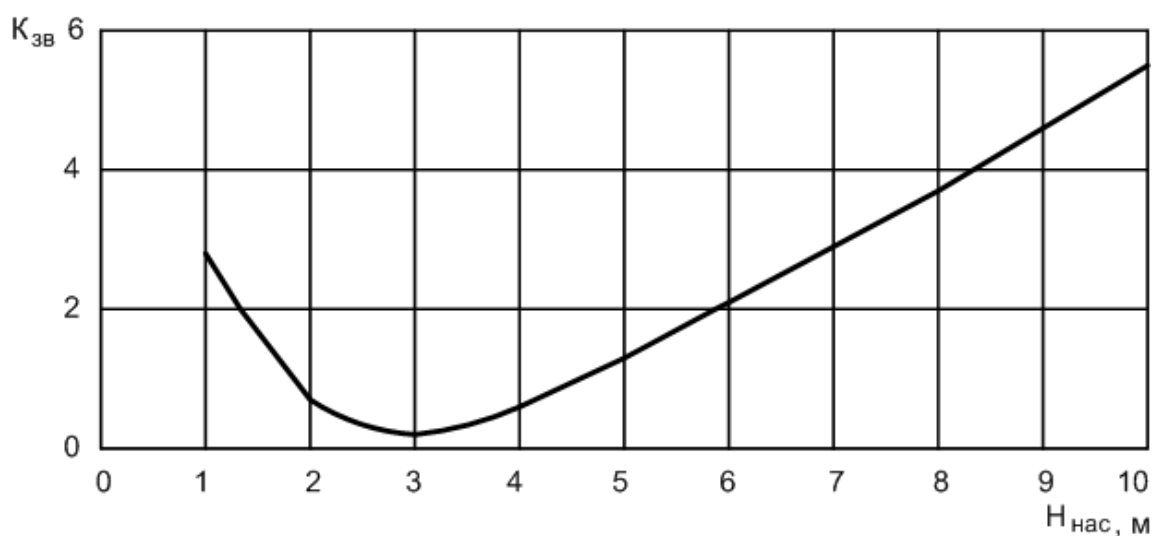


Рис. 2 Залежність коефіцієнта розповсюдження тріщин в ланках круглих труб від висоти насипу

При малих засипках переважають тимчасові навантаження, дія яких потім згасає і дає місце дії постійних навантажень. Розгляд таких залежностей показав, що порівняно з кільцями $d = 1,00$ м кільця труб $d = 1,25$ м і $1,50$ м схильні до тріщиноутворення у 1,2 і 1,4 відповідно рази більше.

Причини поздовжніх тріщин в круглих трубах полягають також в температурних напруженнях.

Кількість тріщин збільшується від країв труби до середини, де висота насипу досягає максимального значення, причому коефіцієнт розвитку тріщин для середніх кілець у 4 – 5 раз більший, чим середній для труби.

Просідання окремих кілець в тілі труби (рис. 3). Нерівномірне просідання окремих кілець в тілі труби може бути наслідком просідання основи труби, яке викликано або тиском насипу, або втратою несучої здатності ґрунтів основи через проникнення води із труби крізь шви, які виникли в результаті осідання або через зміни властивостей ґрунтів при їх промерзанні чи відтаванні.



Рис. 3 Просідання кільця в тілі труби

Просідання труби. Як правило спостерігається збільшення просідання від кінців труби до середини. Просідання водопропускних труб можна пояснити консолідацією ґрунту основи під трубою від дії тиску насипу, який знаходиться вище.

Випадки повного руйнування кілець труби: Причини таких випадків можуть бути наслідками перевищення фактичного тиску над розрахунковим;

неправильного опору кілець труб; помилок в розрахунках і незадовільній якості робіт або матеріалу труб.

Тиск на труби виявляється тим більший при інших рівних умовах, чим більша жорсткість труби і основи, на якій вона розташовується.

Тому в ряді випадків тиск на водопропускні труби може не тільки бути рівним вазі стовпа засипки над нею, але й бути більше цього значення у 1,5 рази.

Виникнення ободу руйнування і постійного вертикального тиску засипки після досягнення деякої висоти насипу, які є основою загальноприйнятого способу розрахунку жорстких труб в дійсності не спостерігалось. Тиск на жорсткі труби зростає пропорційно висоті насипу без будь-яких обмежень. Подібна невідповідність між загальноприйнятим розрахунком і фактичним вертикальним тиском на труби може бути причиною руйнування кілець водопропускних труб.

Неправильне обпирання на жорсткі фундаменти круглих залізобетонних труб різко погіршує умови їх роботи. Круглий переріз прекрасно працює при дії на нього розподіленого навантаження. Навпаки, спирання труби на жорсткий фундамент по утворюючій, тобто прикладення до кільця зосередженої сили, призводить до виникнення великих місцевих згинаючих моментів, нерідко таких, які в 2 рази перевищують розрахункові. В кільцях при цьому виникають розтягуючі напруження, в деяких випадках вони перевищували руйнуючі, з'являються поздовжні тріщини.

Руйнування кілець труби, як правило, проходить з виникненням чотирьох пластичних шарнірів по кінцям вертикального і горизонтального діаметрів труби.

Факти свідчать про те, що кільця деяких труб деформуються при висоті засипки, яка на багато менша від розрахункової, але при інших, які прийняті в типових проектах, властивостях ґрунтів основи і засипки, монтажу кілець, недотриманні правил засипки і впливу інших негативних факторів. Існує цілий ряд таких негативних факторів:

- 1) недоліки при виготовленні та транспортуванні кілець:
 - незадовільний контроль якості виготовлення;
 - товщина стінок одного і того ж кільця може знаходитись в межах від 16 до 24 см, що пов'язано з використанням багатofіксуєчого вібросердечника;

- розвантаження кілець з автомашин на об'єктах іноді проводять шляхом скидання кілець на землю;

2) недоліки технології виробництва будівельних робіт, монтажу;

3) порушення умов опору кілець на фундамент.

Деформація оголовків. Труби під насипами доріг знаходяться під навантаженням від тиску ґрунту насипу, від власної ваги конструкції, від тимчасового рухомого навантаження залізничних і автомобільних доріг. Саме від тиску насипу і в результаті його розповзання відбуваються деформації оголовків.

Аналіз всіх видів деформації водопропускних труб на автомобільних дорогах свідчить, що найбільш поширеними є деформації першої групи. Це пояснюється тим, що умова взаємодії труби з оточуючим її ґрунтовим масивом та основою, мають складний і, значним чином, невизначений характер, що завжди створювало великі труднощі для правильного розуміння процесів, що відбуваються в системі, і вибору найбільш достовірної розрахункової схеми і методу розрахунку.

На основі узагальнення даних можна зробити **висновки:**

–кількість тріщин збільшується від країв труби до середини, де висота насипу досягає максимальних значень, причому для середніх ланок у 4 – 5 разів більше, ніж середній для труби;

–кількість тріщин більше на трубах з постійно діючими водотоками й у заболочених місцях;

–кількість тріщин збільшується зі збільшенням діаметра ланок, так для труб діаметром 1,25 м і 1,50 м їх у 1,2 – 1,4 рази більше, ніж для труб діаметром 1,0 м;

–кількість тріщин зростає зі збільшенням жорсткості фундаменту;

–розкриття тріщин у ланках труб під високими насипами може досягати 10 мм;

–в окремих випадках спостерігається відшаровування захисного шару товщиною до 65 мм площею до 1 м²;

–нерівномірне осідання секцій блокових фундаментів може досягати 1/25 висоти насипу;

–часті випадку сплющування круглих ланок і провисання ригелів прямокутних ланок до 8 см і більше.

Як правило, деформації труб виявляються до кінця відсипання чи в перші місяці після її закінчення, причому найбільших розмірів деформації досягають у початковий період експлуатації, потім швидкість розвитку деформацій зменшується і система досягає стійкої рівноваги.

Література

1. Ярошенко В.Я. Основное положение применения водопропускных труб под железнодорожными насыпями: дис. ... к.т.н. / В.Я. Ярошенко – М., 1945.
2. Ярошенко В.А. Водопропускные трубы под железнодорожными насыпями / Ярошенко В.А. – М.: Трансжелдориздат, 1952. – 98 с
3. Зелевич П.М. Причины деформаций водопропускных труб под насыпями / Зелевич П.М. – К.: Вища школа, 1962. – №4. – 108 с.
4. Попов А. Н., Злочевський Б. І., Ліневич А. Б. Характерні деформації водопропускних труб автомобільних доріг .- Тр. СоюздорНДІ, 1972. - Вип. 59. – 180 с.
5. Муромов В.С., Лившиц М.Х. Косогорные водопропускные трубы. – М.: Транспорт, 1975. – 144 с.
6. Заворицкий В.И. Давление грунта на круглую водопропускную трубу // Сб. Автомобильные дороги и дорожное строительство. – Вып. 2. – К.: Будівельник, 1965. – С. 21–26.
7. Водопропускные трубы под насыпями / Е.А. Артамонов, Г.Я. Волченков, Р.С. Клейнер, Р.Е. Подвальный, А.С. Потапов, К.Б. Щербина, О.Я. Янковский. Под ред. О.А. Янковского. – М.: Транспорт, 1982. – 232 с.
8. Ткачук В.М., Лантух-Лященко А.И. Малые искусственные сооружения на дорогах. – К.: Вища школа, 1979. – 124 с.
9. Андреев Н.П. Справочник по постройке искусственных сооружений. – М.: Тосстройиздат, 1962.
10. Клейн Г.К. Расчет подземных трубопроводов. – М.: Стройиздат, 1969. – 240 с.