

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» / Russian journal of transport engineering <http://t-s.today/>

2016, Том 3, №1 / 2016, Vol 3, No 1 <http://t-s.today/issues/vol3-no1.html>

URL статьи: <http://t-s.today/PDF/06TS116.pdf>

DOI: 10.15862/06TS116 (<http://dx.doi.org/10.15862/06TS116>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Бокарев С.А., Усольцев А.М., Попова Е.Г., Широков Ю.М. Методика определения грузоподъемности водопропускных труб // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», Том 3, №1 (2016) <http://t-s.today/PDF/06TS116.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Bokarev S.A., Usoltsev A.M., Popova E.G., Shirokov U.M. [Technique for determining the carrying capacity of culverts] Russian journal of transport engineering, 2016, Vol. 3, no. 1. Available at: <http://t-s.today/PDF/06TS116.pdf> (In Russ.)

УДК 624.21:625.745.2:624.012.3/4

Бокарев Сергей Александрович

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения», Россия, Новосибирск¹
Проректор по научной работе
Доктор технических наук, профессор
E-mail: bokarevsa@stu.ru

Усольцев Андрей Михайлович

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения», Россия, Новосибирск
Старший научный сотрудник
E-mail: uam@stu.ru

Попова Екатерина Германовна

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения», Россия, Новосибирск
Старший научный сотрудник
E-mail: kgp@stu.ru

Широков Юрий Михайлович

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения», Россия, Новосибирск
Старший научный сотрудник
E-mail: Shym.39@mail.ru

Методика определения грузоподъемности водопропускных труб

Аннотация. Предлагается методика определения грузоподъемности водопропускных труб на сети железных дорог. В основу методики положен принцип классификации по грузоподъемности, принятый в действующих нормативных документах для металлических и железобетонных пролетных строений, опор железнодорожных мостов.

В основу метода заложен принцип выражения допускаемой временной нагрузки в единицах эталонной нагрузки по схеме С1. Под допускаемой нагрузкой понимается максимальная интенсивность временной вертикальной погонной нагрузки, которая не вызывает предельного состояния. Подвижной состав классифицируется выражением эквивалентной нагрузки от подвижного состава в единицах той же эталонной нагрузки, число

¹ 630049, Российская Федерация, Новосибирская область, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, д. 191

единиц которой - класс подвижного состава. Возможность же пропуска нагрузки определяется сравнением классов элементов сооружения с классом нагрузки.

С помощью методики возможно уточнение границ применения конструкций труб по действующим типовым проектам, а также учет фактических условий работы эксплуатируемых труб.

Ключевые слова: водопропускные трубы; принцип классификации по грузоподъемности; допускаемая временная нагрузка; эталонная нагрузка по схеме С1; выражение эквивалентной нагрузки от подвижного состава в единицах эталонной нагрузки; класс подвижного состава; сравнение классов элементов сооружения с классом нагрузки; уточнение границ применения конструкций труб по действующим типовым проектам; учет фактических условий работы эксплуатируемых труб

В соответствии с п.1.9 Инструкции ЦП-628 по содержанию искусственных сооружений [1] все железнодорожные мосты должны быть классифицированы по грузоподъемности, при этом вопрос о несущей способности водопропускных труб никак не оговаривается, а водопропускные трубы составляют до 70% всех искусственных сооружений на железных дорогах.

Метод классификации был разработан в 60-е годы двадцатого века и нашел отражение в Руководствах по определению грузоподъемности железобетонных и металлических пролетных строений, опор мостов, а также в Руководстве по пропуску подвижного состава по железнодорожным мостам [2, 3, 4, 5, 6]. В основу метода заложен принцип выражения допускаемой временной нагрузки в единицах эталонной нагрузки по схеме Н1. Под допускаемой нагрузкой понимается максимальная интенсивность временной вертикальной погонной нагрузки, которая не вызывает предельного состояния. Подвижной состав классифицируется выражением эквивалентной нагрузки от подвижного состава в единицах той же эталонной нагрузки, число единиц которой - класс подвижного состава. Возможность же пропуска нагрузки определяется сравнением классов элементов сооружения с классом нагрузки. Этот метод прошел проверку временем, и, несмотря на развитие численных методов моделирования, и в настоящее время успешно применяется при определении условий пропуска поездных нагрузок по железнодорожным мостам.

Из всего выше изложенного можно сделать вывод о целесообразности распространения принципа классификации, принятого для определения несущей способности железобетонных и металлических пролетных строений железнодорожных мостов, на водопропускные трубы.

В 2005 г. в ДВГУПС разработано учебное пособие, посвященное определению грузоподъемности железнодорожных водопропускных труб по методу допускаемых технических состояний [7]. В пособии рассмотрены вопросы грузоподъемности эксплуатируемых труб, имеющих различные повреждения и деформации.

В данной статье предпринята попытка определения грузоподъемности водопропускных труб по прочности примененных конструкций, используя традиционные принципы классификации элементов железнодорожных мостов.

Водопропускные трубы на железных дорогах представлены следующими основными типами по материалу и поперечному сечению:

- каменные арочного, сводчатого или овоидального поперечных сечений;

- бетонные или каменные (по материалу стен) прямоугольного поперечного сечения с железобетонными перекрытиями;
- железобетонные круглого и прямоугольного поперечных сечений;
- металлические круглого поперечного сечения гладкие и гофрированные.

Рассмотрим применение метода классификации на примере железобетонных труб круглого поперечного сечения (типовой проект инв. № 101/2 - один из самых распространенных на сети железных дорог) [8].

Типовой проект унифицированных сборных водопропускных труб для железных и автомобильных дорог общей сети и промышленных предприятий, инв. № 101/2, разработан институтом Ленгипротрансмост в 1962 году и действовал до 2002 года (заменен типовым проектом шифр 1484, Трансмостпроект, 2002 г.). Трубы запроектированы по техническим условиям СН 200-62 под временную вертикальную нагрузку С14.

Звенья труб по несущей способности делятся на три типа:

- I-й тип соответствует высоте насыпи - до 3,0 м;
- II-й тип соответствует высоте насыпи - от 3,1 до 6,0-8,0 м;
- III-й тип соответствует высоте насыпи - от 7,1-8,1 до 19,0 м.

Область применения труб по данному типовому проекту ограничена высотой насыпи 19 м.

Круглые трубы, в соответствии с требованиями СП 35.13330.2011 (СНиП 2.05.03-84*) [9], рассчитывают по предельным состояниям первой группы на воздействие давления грунта от веса насыпи и давление грунта от временной нагрузки.

Расчетная схема звена трубы – кольцо, к которому приложена вертикальная равномерно распределенная нагрузка и горизонтальная нагрузка переменной интенсивности по высоте трубы. Усилия, возникающие в сечениях звена, определяются при совместном действии вертикальной и горизонтальной нагрузок. Звено рассчитывается на действие изгибающего момента без учета нормальной и поперечной сил [10, 11]. Максимальные значения положительного и отрицательного изгибающих моментов возникают соответственно в вертикальном и горизонтальном диаметральных сечениях звена. Расчетная схема и вид эпюры моментов показан на рисунке 1.

По условию прочности трубы фактические значения изгибающих моментов от силовых воздействий на стадии эксплуатации не должны превышать предельного значения изгибающего момента, который определяется расчетом на основании опалубочного и арматурного чертежей звена.

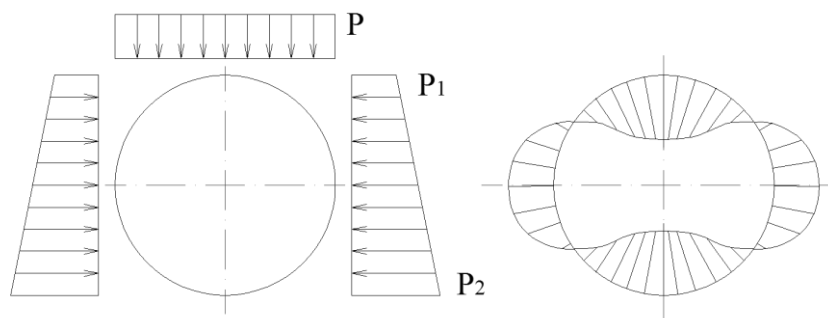


Рисунок 1. Расчетная схема круглой трубы и вид эпюры изгибающих моментов /10/

Fig. 1. Design model of a circular pipe and type of a bending-moment curve / 10 /

Переход от прямого расчета к методу классификации можно выполнить следующим образом. Из значения предельного изгибающего момента вычитается значение момента, соответствующего давлению грунта от веса насыпи. Полученное значение делится на момент от давления грунта при нахождении эталонной нагрузки по схеме С1 на насыпи. Полученное в результате число и является классом звена водопропускной трубы.

Сравнение класса звена трубы с классами подвижного состава [5] (обращающегося - II категория и перспективного - С14) дает представление о возможности и условиях пропуска его по участку пути с конкретной водопропускной трубой.

Графики изменения классов звеньев труб отверстием 1,0 и 1,25 м в зависимости от величины засыпки приведены на рисунках 2 и 3.

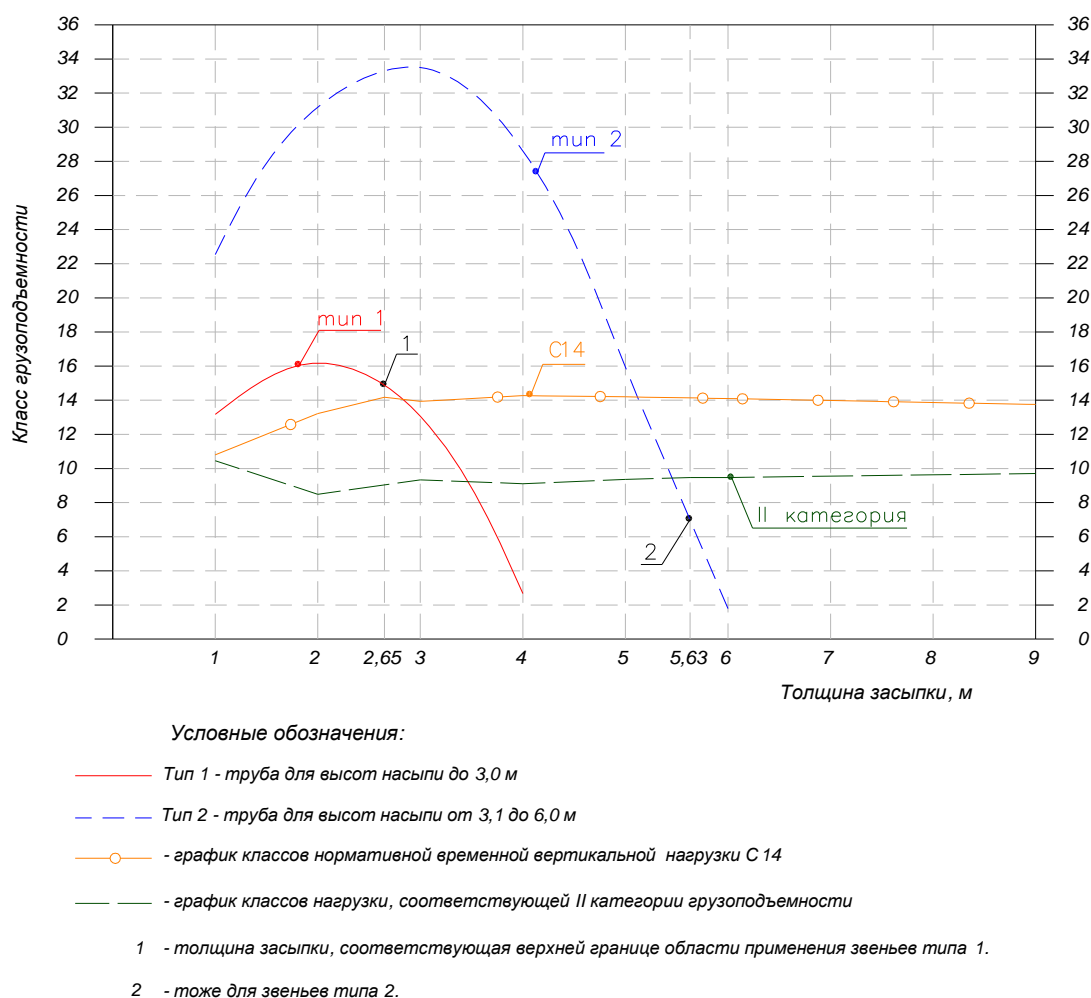


Рисунок 2. Графики классов грузоподъемности звеньев труб отверстием 1,0 м (разработано авторами)

Fig. 2. Graphs of the carrying capacity classes for pipe rings with a hole 1.0 m (Developed by the authors)

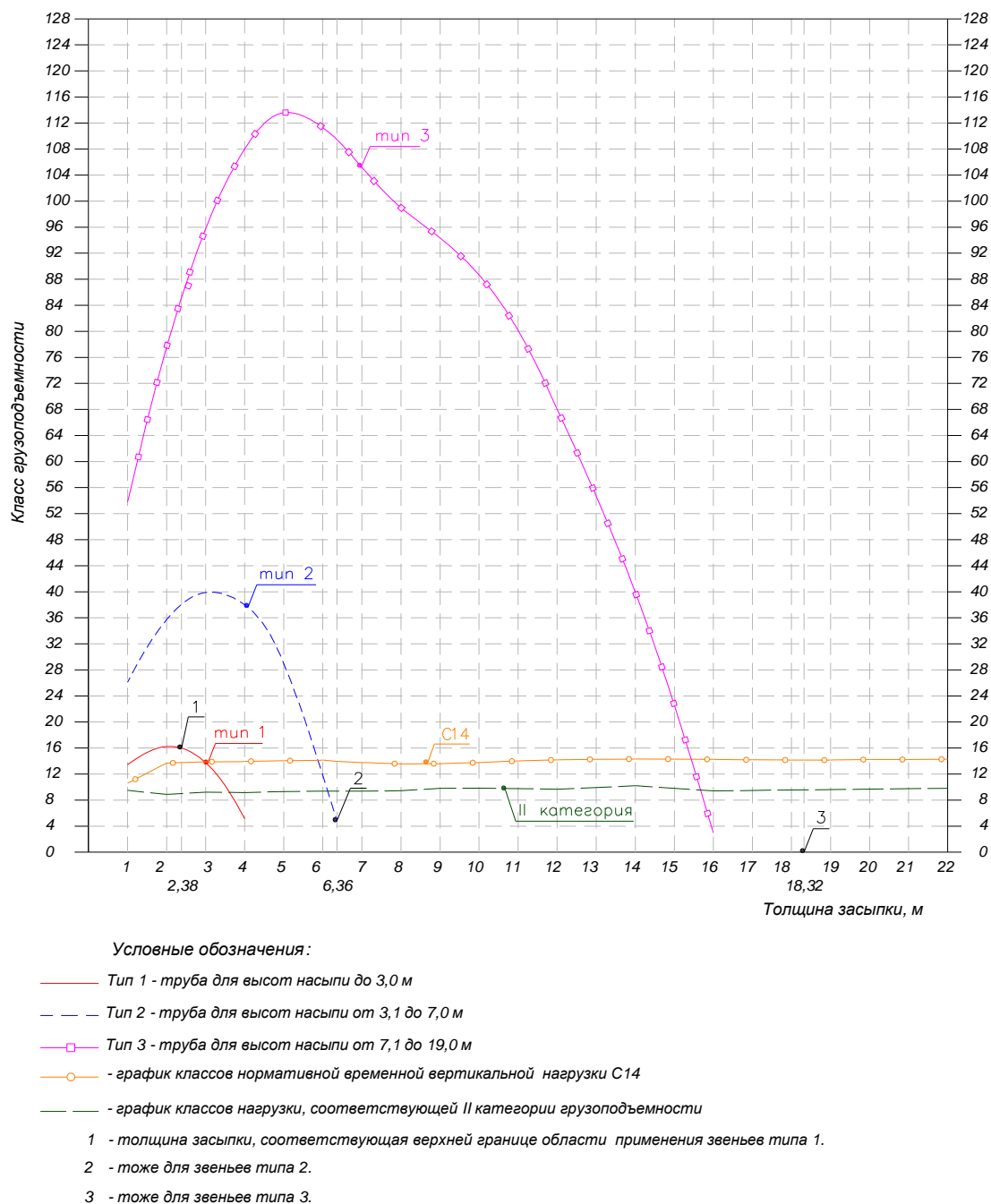


Рисунок 3. Графики классов грузоподъемности звеньев труб отверстием 1,25 м
(разработано авторами)

Fig. 3. Graphs of the carrying capacity classes for pipe rings with a hole 1.25 m
(Developed by the authors)

Анализируя полученные графики, можно сделать следующие выводы:

- Очертания графиков классов звеньев по грузоподъемности отражают условия работы труб в теле насыпи. Восходящий участок графика свидетельствует о преобладании давления грунта от временной нагрузки, а нисходящий участок графика обусловлен преобладанием давления от веса грунта насыпи над давлением от временной нагрузки, интенсивность которой неуклонно снижается с ростом толщины засыпки.

- Совмещение графиков классов звеньев труб по грузоподъемности с графиками классов нагрузок (С14 и нагрузок, соответствующих II категории грузоподъемности) дает наглядное представление об условиях пропуска нагрузок по трубам.
- Фактическая грузоподъемность рассмотренных типов звеньев железобетонных труб в основном соответствует границам областей применения этих типов, указанным в типовом проекте. Однако, как следует из графиков на рисунках 2 и 3, необходима корректировка (в меньшую сторону) верхних границ заявленных областей применения типов звеньев труб (тип 2 трубы диаметром 1,0 м, типы 2 и 3 трубы диаметром 1,25 м).

Классификация по грузоподъемности становится актуальной при учете фактических условий эксплуатации водопропускных труб:

- Периодические подъемки пути на балласт увеличивают толщину засыпки труб, и важно оценить грузоподъемность для тех сооружений, которые при строительстве располагались у верхней границы области своего применения.
- Удлинение труб в связи с устройством второго пути на перегоне, развитие станционных путей сопровождается значительными засыпками концевых участков существующих труб. На этих участках часто при высоких насыпях в целях экономии средств, применялись звенья 1 типа, используемые для высоты насыпей до 3 м.
- У железобетонных труб в пределах железнодорожных станций нередки случаи, когда общая толщина балласта с засыпкой (считая от подошвы рельса) составляет менее 1 м. Нормативный документ (СП 35.13330.2011, п.5.8, табл. 5.1), допуская в этом случае уменьшение толщины засыпки над трубами, требует учета динамического воздействия временной нагрузки (п. 6.22, в).

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по содержанию искусственных сооружений: ЦП-628/МПС России. – М.: Транспорт, 1999. – 108 с.
2. Руководство по определению грузоподъемности железобетонных пролетных строений железнодорожных мостов / ОАО «РЖД». – М., 2015. – 143 с.
3. Руководство по определению грузоподъемности металлических пролетных строений железнодорожных мостов / ОАО «РЖД». – М., 2015. – 398 с.
4. Руководство по определению грузоподъемности опор железнодорожных мостов / ОАО «РЖД». – М., 2015. – 184 с.
5. Руководство по пропуску подвижного состава по железнодорожным мостам. / ОАО «РЖД». – М., 2015. – 499 с.
6. Рыбалов Ю.В., Картавых Е.В. Определение условий пропуска нагрузки по автодорожным мостовым сооружениям в рамках автоматизированной системы АИС ИССО: Вестник сибирского государственного университета путей сообщения. – Вып. 21. – Новосибирск, 2009. – с. 134 – 145.
7. Определение грузоподъемности железнодорожных водопропускных труб с учетом их технического состояния: Учебное пособие (Дальневосточный государственный университет путей сообщения); Ю.В. Дмитриев, А.А. Иншин. – Хабаровск, издательство ДВГУПС, 2005. – 87 с.: ил.
8. Унифицированные сборные водопропускные трубы для железных и автомобильных дорог общей сети и промышленных предприятий: Типовой проект инв. № 101/2. Разраб. ин-том Ленгипротрансмост. – Ленинград, 1962 г.
9. СНиП 2.05.03-84*. Мосты и трубы / Госстрой России. – М., ФГУП ЦПП, 2005. – 239 с. Актуализированная редакция СП 35.13330.2011. – 339 с.
10. Справочник инженера-дорожника. – М., Транспорт, 1960. – 775 с.
11. Водопропускные трубы под насыпями. / Под ред. О.А. Янковского. – М., Транспорт, 1982. – 232 с.

Bokarev Sergey Alexandrovich

Siberian Transport University, Russia, Novosibirsk
E-mail: bokarevsa@stu.ru

Usoltsev Andrey Mikhaylovich

Siberian Transport University, Russia, Novosibirsk
E-mail: uam@stu.ru

Popova Ekaterina Germanovna

Siberian Transport University, Russia, Novosibirsk
E-mail: kgp@stu.ru

Shirokov Uriy Mikhaylovich

Siberian Transport University, Russia, Novosibirsk
E-mail: Shym.39@mail.ru

Technique for determining the carrying capacity of culverts

Abstract. Authors propose a technique for determining the carrying capacity of culverts on the railway system. This technique is based on the principle of classification by the carrying capacity accepted in the actual normative documents for the metal and reinforced-concrete spans and piers of railway bridges.

The method is based on the principle of expression for a permissible live load in units of the reference load according to the circuit C1. The permissible load is understood to be the maximum intensity of the temporary vertical linear load, which does not cause a limit state. The rolling stock is classified by expression of the equivalent load from the rolling stock in units of the same reference load, number of units of which is a class of rolling stock. The possibility of load pass is determined by comparing the classes of structure members with a class of loading.

Using this technique it is possible to refine the boundaries of the tube structure application according to the effective standard designs, as well as consideration of the actual working conditions of the exploited pipes.

Keywords: culverts; principle of classification by carrying capacity; permissible live load; reference load according to the circuit C1; expression of the equivalent load from the rolling stock in units of the reference load; class of rolling stock; comparison of the structure member classes with a class of loading; refinement of the boundaries of the tube structure application according to the effective standard designs; consideration of the actual working conditions of the exploited pipes

REFERENCES

1. Instruction on the content of man-made structures: CPU-628/Ministry of railways of Russia.-M.: Transport, 1999-108 p.
2. Guide to determining carrying capacity of reinforced concrete railway bridge spans/RZD.-M., 2015-143 p.
3. Guide to determining the tonnage of metal spans railway bridges/RZD. - M., 2015 - 398 p.
4. Guidelines for the identification payload piers of railway bridges/RZD. M., 2015-184 p.
5. Guide to pass rolling stock for railway bridges/RZD. - M, 2015-499 p.
6. Rybalov Yu., Kartavyx E. determination of the conditions of the load passes on road bridge constructions within the automated system AIS ISSO: Herald s.a. chaplygin Siberian State University of means of communication-ISS. 21.-Novosibirsk, 2009. -p. 134-145.
7. Definition of carrying capacity of Railway culverts, taking into account their technical condition: a tutorial (far Eastern State University of means of communication; "y. Dimitriev, a. a. Inšin-Khabarovsk, Publisher DVGUPS, 2005.-87 p.: ill.
8. Standardized prefabricated culverts for railways and roads common network and industries: model No. 101/Inv 2. Develo. Ying-Tom Lengiprotransmost-Leningrad, 1962 g.
9. Snip 2.05.03-84* * 84. Bridges and pipes / Gosstroy Russia. - M., LAC, 2005-239 s. Updated revision SP 35.13330.2011-339 p.
10. Engineer's Handbook-Jeep- M., Transport, 1960-775 p.
11. Culverts under embankments / Ed O.A. Jankowski – M., Transport, 1982 – 232 p.