

05.23.11 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО ДОРОГ, МЕТРОПОЛИТЕНОВ, АЭРОДРОМОВ, МОСТОВ И ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ

Оценка эффективности устройства водопропускной трубы при строительстве автомобильной дороги федерального значения

УДК 624.1

Хрянина О.В.

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Геотехника и дорожное строительство», ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства» (г. Пенза); e-mail: olgahryanina@mail.ru

Саксонова Е.С.

Старший преподаватель кафедры «Геотехника и дорожное строительство», ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства» (г. Пенза); e-mail: saksonovalena@ya.ru

Абаев Д.В.

Магистрант, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства» (г. Пенза); e-mail: dmitrii_abaev@mail.ru

Радаев В.А.

Студент, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства» (г. Пенза)

Статья получена: 12.11.2019. Рассмотрена: 16.11.2019. Одобрена: 21.12.2019. Опубликовано онлайн: 31.12.2019. ©РИОР

Аннотация. Проведена оценка геологического строения, гидрогеологических условий и определены основные показатели инженерно-геологических свойств грунтов основания на участке строительства автомобильной дороги федерального значения. Проектируемый участок автомобильной дороги пересекает существующие

полевые дороги. Для пропуска полевых дорог необходимо устройство искусственного сооружения. Выполнено технико-экономическое обоснование трех вариантов устройства железобетонной водопропускной трубы, однопролетного путепровода и двухпролетного путепровода тоннельного типа. Проанализированы

ASSESSMENT OF EFFICIENCY OF A WATER PIPE DEVICE DURING THE CONSTRUCTION OF A FEDERAL VEHICLE ROAD

Hryanina O.V.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Geotechnics and Road Construction, Penza State University of Architecture and Construction, Penza; e-mail: olgahryanina@mail.ru

Saksonova E.S.

Senior Lecturer, Department of Geotechnics and Road Construction, Penza State University of Architecture and Construction, Penza; e-mail: saksonovalena@ya.ru

Abaev D.V.

Master's Degree Student, Penza State University of Architecture and Construction, Penza; e-mail: dmitrii_abaev@mail.ru

Radaev V.A.

Student, Penza State University of Architecture and Construction, Penza

Manuscript received: 12.11.2019. **Revised:** 16.11.2019. **Accepted:** 21.12.2019. **Published online:** 31.12.2019. ©RIOR

Abstract. The geological structure, hydrogeological conditions and the main indicators of the engineering and geological properties of the base soils at the construction site of the federal highway were determined. The designed section of the road crosses the existing field roads. To pass field roads, an artificial construction device is required. A feasibility study of three options for the construction of a reinforced concrete culvert, a single-span overpass and a two-span tunnel type overpass has been completed. The advantages and disadvantages of each of the considered options for structures are analyzed. As a recommended option, a monolithic reinforced concrete pipe device is provided. The corresponding conclusions and recommendations are given.

Keywords: engineering structures, technical and economic comparison, culvert.

достоинства и недостатки каждого из рассмотренных вариантов сооружений. В качестве рекомендованного варианта предусмотрено устройство монолитной железобетонной трубы. Даны соответствующие выводы и рекомендации.

Ключевые слова: инженерные сооружения, технико-экономическое сравнение, водопропускная труба.

Целью при строительстве участка федеральной трассы явилась разработка оптимально обоснованных в экономическом, технологическом и конструктивном плане решений. Рассматриваемый участок автомобильной дороги пересекает существующие полевые дороги. Для пропуска полевых дорог устраивается искусственное сооружение в створе с полевой дорогой направления от села Сушки и других близлежащих населенных пунктов к железнодорожной платформе 270 км направления Рязань – Сасово.

Участок строительства расположен в междуречье рек Прони и Пары (северной части Окско-Донской низменной равнины), в центральной части Русской равнины. В геоморфологическом плане проектируемый участок автодороги в целом расположен в пределах возвышенной поверхности с чередованием междуречных морено-лессовых плато и долинных понижений.

Автодорога проходит по эрозионно-аккумулятивной полого-наклонной поверхности второй, третьей и четвертой надпойменных террас р. Проня, расчлененной густой сетью мелких постоянных и временных водотоков.

Геологическое строение рассматриваемой территории характеризуется развитием современных техногенных и осадочных четвертичных отложений (табл. 1) [1].

Таблица 1

Инженерно-геологические условия участка строительства трассы

№ п/п	Геологический индекс	Наименование	Мощность, м
1	$t Q_{IV}$	Техногенные отложения (асфальтобетон, бетонная плита, щебень, песок)	2,0
2	$vd Q_{IV}$	Почвенно-растительный слой, преимущественно супесчаный, местами суглинистый	0,3

Окончание табл. 1

№ п/п	Геологический индекс	Наименование	Мощность, м
3	$a Q_{IV}$	Разнозернистые, местами глинистые пески с линзами суглинков и содержанием гравия до 3%	1,1÷2,0
4	$L, ep Q_{II-III}$	Пылеватые суглинки с тонкими линзами песков	0,4÷1,1
5	$al-l Q_{II-III}$	Песчаные суглинки и разнозернистые пески, с содержанием гравия до 1%	5,8
6	$a, f, lg Q_{II}$	Разнозернистые пески и песчаные суглинки, с содержанием гравия до 1%	2,5÷4,8
7	$f, lg Q_{II}$	Разнозернистые пески и песчаные суглинки, с содержанием гравия до 2%	6,0
8	$a, f Q_{I-II}$	Песчаные суглинки и разнозернистые слабogliнистые пески, с содержанием гравия до 2–3%	11,0
9	K_1	Алевриты с включениями фосфоритов, гальки и гравия песчаников	1,0÷3,0 местами до 8,0
10	J_3	Пылеватые глины с остатками флоры и фауны	вскрытая мощность более 7,5 м

Подземные воды на участке изысканий вскрыты отдельными скважинами на глубинах 0,6–6,4 м от поверхности земли. Подъем уровня подземных вод связан с инфильтрацией атмосферных осадков в период интенсивного снеготаяния и в период прохождения ливневых осадков лета и осени, может достигать 0,5 м. Подземные воды в основном обладают гидрокарбонатным кальциевым составом, кислой и щелочной реакцией и являются преимущественно умеренно жесткими и жесткими, местами слабоагрессивны по отношению к бетону, в открытом водоеме и для напорных сооружений, слабоагрессивны к арматуре железобетонных конструкций при периодическом смачивании и среднеагрессивны к металлическим конструкциям.

На участке изысканий нормативная глубина промерзания для песчаных грунтов составляет 1,59 м, а для глинистых грунтов – 1,30 м. Согласно норм расчетная глубина промерзания песчаных грунтов не превышает 1,74 м, а глинистых –

1,43 м. Глубина заложения фундаментов инженерных сооружений должна быть не менее расчетной глубины промерзания грунтов.

Сравнение вариантов решения

Вариант № 1

В качестве рекомендованного варианта предусмотрено устройство монолитной железобетонной трубы, длиной 46,2 м. Согласно [2; 3] габарит принят $6,0 \times 4,5$ м в свету. Ось проектируемого сооружения расположена под углом 90° к оси проектируемой автодороги технической категории IV. Труба запроектирована под нагрузку H14, изготавливается из тяжелого бетона класса B30, F300, W6.

Фундамент трубы принят на естественном основании. Несущим слоем является супесь. Фундаментная плита из монолитного бетона класса B25, F300, W6 толщиной 0,4 м устраивается на уплотненной щебеночной подушке толщиной 1,0 м. Дно котлована уплотняется тяжелыми катками.

На входе и выходе из трубы устраиваются монолитные железобетонные оголовки. Оголовки изготавливаются из тяжелого бетона класса B30, F300, W6. Оголовок состоит из монолитной порталной стенки и открьлков. Открьлки расположены под углом в 20° относительно продольной оси сооружения.

В трубе устраивается ездое полотно. Полотно состоит из двухслойного асфальтобетонного покрытия толщиной 70 мм, защитного слоя толщиной 40–80 мм и гидроизоляции оклеечного типа толщиной 5,5 мм. Отвод воды из трубы осуществляется за счет поперечного двухскатного уклона величиной 20‰ и продольного уклона величиной 5‰. По бортам вдоль трубы устраиваются штрабы с заполнением битумной мастикой.

Поверхности трубы, соприкасающиеся с грунтом, покрываются двухслойной битумной гидроизоляцией оклеечного типа. Поверх гидроизоляции устанавливаются защитные стенки из асбестоцементных плит [4]. На перекрытии устраивается защитный слой толщиной 6 см из бетона B25, F300, W6. Фундаменты и оголовки трубы, соприкасающиеся с грунтом, покрываются битумной мастикой за два раза. Видимые поверхности трубы и оголовков покрываются краской ПХВ в два слоя.

С целью обеспечения сохранности конструкции и изоляции трубы, производится засыпка ее грунтом на высоту 0,5 м над верхом трубы сразу после окончания ее сооружения. Засыпка производится песчано-гравийной смесью одновременно с обеих сторон слоями толщиной 15–20 см с тщательным послойным уплотнением. Уклон конуса засыпки должен быть не круче 1:5.

Укрепления трубы запроектированы применительно типовому проекту [5]. Укрепление откосов насыпи на входе и выходе трубы выполнено из монолитного бетона класса B20, F200, W6 толщиной 8 см по слою щебня 10 см. Согласно [3] полевая дорога укрепляется на 10 м на входе и выходе. Конструкция дорожной одежды на входе и выходе из трубы выполнена из мелкозернистого асфальтобетона толщиной 5 см, щебня толщиной 25 см и слоя песка толщиной 60 см.

На конусах насыпи проектируемой автодороги на входе и выходе трубы предусмотрены лестничные сходы высотой $h = 6,0$ м. Фундаменты лестничных сходов выполнены из бетона класса B20, F200, W6.

Безопасность движения автотранспорта по участку автодороги в соответствии с [6] достигается установкой на разделительной полосе металлического оцинкованного барьерного ограждения удерживающей способности и ограждения устанавливаемого у бровок дороги удерживающей способности уровня. Установка дорожного ограждения принята как для дорог IV технической категории.

К достоинствам данного варианта относятся:

- наименьшая по сравнению с представленными вариантами стоимость СМР;
 - сокращение сроков СМР относительно вариантов № 3 и № 2;
 - устройство естественного основания;
 - отсутствие разрывов в проезжей части дороги.
- К недостаткам можно отнести:
- изготовление индивидуальной опалубки;
 - устройство большего котлована по сравнению с вариантами № 3 и № 2.

Вариант № 2

В данном варианте рассмотрена однопролетная схема путепровода $1,0 \times 21,0$ м. Длина балки 21,0 м обеспечивает горизонтальный габарит 6,0 м и вертикальный габарит 4,5 м для

пропуска полевых дорог в соответствии с [3]. Пролетное строение состоит из железобетонных предварительно напряженных балок длиной 21,0 м. Пролетное строение запроектировано под габарит проезжей части в соответствии с [7] для дорог категории IV.

Крайние опоры запроектированы стоечного типа на свайном основании. Диаметр стойки принят 0,8 м. По верху стойки объединены железобетонным ригелем. Фундамент состоит из монолитного железобетонного ростверка на свайном основании. Сваи мостовые железобетонные призматические сечением 0,35 м × 0,35 м.

Крайние опоры выполнены из монолитного железобетона.

К достоинствам варианта относится:

- применение типовых балочных сборных конструкций;
- устройство минимального котлована по сравнению с вариантами № 1 и № 3;
- меньшая по сравнению с вариантом № 3 стоимость строительно-монтажных работ.

К недостаткам относится:

- большая по сравнению с вариантом № 1 стоимость строительно-монтажных работ;
- устройство свайного основания;
- устройство разрывов проезжей части дороги.

Вариант № 3

В данном варианте рассмотрена двух пролетная схема путепровода тоннельного типа 1 × 7,5 м. Длина балки 7,5 м обеспечивает горизонтальный габарит 6,0 м и вертикальный габарит 4,5 м для пропуска полевых дорог в соответствии с [3]. Пролетное строение из железобетонных каркасных балок длиной 7,5 м.

Крайние опоры путепровода запроектированы в виде обратных стенок. Фундамент опор на свайном основании. Сваи мостовые железобетонные призматические сечением 0,35 м × 0,35 м.

Для поддержания откосов насыпи в сочетании с крайними опорами сооружаются под-

порные стены. Фундамент подпорных стен — на свайном основании.

Крайние, промежуточные опоры и подпорные стенки выполнены из монолитного железобетона.

К достоинствам варианта относится:

- сокращение длины пролетного строения на 13 м по сравнению с вариантом № 2;
- применение типовых балочных сборных конструкций.

К недостаткам относится:

- большая по сравнению с вариантом № 1 и № 2 стоимость строительно-монтажных работ;
- устройство свайного основания;
- устройство разрывов проезжей части дороги.

Ниже в табл. 2 приведено технико-экономическое сравнение рассмотренных вариантов путепровода.

Таблица 2

Технико-экономическое сравнение вариантов путепровода

№ п/п	Наименование	Вариант I	Вариант II	Вариант III
1	Схема сооружения, м	Труба 6 × 4,5 м	Путепровод 1 × 21,0	Путепровод 1 × 7,5
2	Длина сооружения, м	46,2	26,1	45,76
3	Сравнительная стоимость СМР, тыс. руб. в ценах 2000 г., м ²	5,74	12,80	9,80
4	Всего Сравнительная стоимость СМР, тыс. руб. в ценах 2000 г., м ²	1933,3	2836,2	2855,1

Вывод. На основании технико-экономического сравнения вариантов проектом предусматривается сооружение монолитной железобетонной трубы длиной 46,2 м на естественном основании.

Литература

1. Кошкина Н.В. Инженерно-геологическая оценка четвертичных отложений Пензенского региона [Текст] / Н.В. Кошкина, О.В. Хрянина, М.В. Астафьев // Актуальные проблемы современного фундаментостроения с учетом энергосберегающих технологий: материалы IV Международной науч.-практ. конф. — Пенза: Изд-во ПГУАС, 2014. — С. 53–56.
2. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 (с изм. № 1, 2, 3) [Текст]. Дата введения 2011-05-20.

3. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84* (с изм. № 1) [Текст]. Дата введения 2011-05-20.
4. ГОСТ 18124-2012 Листы хризотилцементные плоские. Технические условия (с изм. № 1) [Текст]. Дата введения 2013-07-01.
5. Серия 2337. Шифр 2337. Укрепления русел, конусов и откосов насыпи у малых и средних мостов и водопропускных труб. Типовая серия (Проектная документация) от 08.08.2012 № 2337.
6. ГОСТ Р 52289-2004. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств (с изм. 1, 2, 3) [Текст]. Дата введения 2006-01-01.
7. ГОСТ Р 52748-2007. Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения [Текст]. Дата введения 2008-01-01.

References

1. Koshkina N.V., Hryanina O.V., Astaf'ev M.V. Inzhenerno-geologicheskaya ocenka chetvertichnyh otlozhenij Penzenskogo regiona [Engineering-geological assessment of the Quaternary sediments of the Penza region]. *Aktual'nye problemy sovremennogo fundamentostroeniya s uchetom energosberergayushchih tekhnologij: materialy IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Actual problems of modern foundation engineering, taking into account energy-saving technologies: materials of the IV International Scientific and Practical Conference]. Penza: PGUAS Publ., 2014, pp. 53–56.
2. SP 24.13330.2011. *Svajnye fundamenty. Aktualizirovannaya redakciya SNiP 2.02.03-85 (s Izm. N 1, 2, 3). Data vvedeniya 2011-05-20* [SP 24.13330.2011. Pile foundations. Updated version of SNiP 2.02.03-85 (as amended by N 1, 2, 3). Date of introduction 2011-05-20].
3. SP 35.13330.2011 *Mosty i truby. Aktualizirovannaya redakciya SNiP 2.05.03-84* (s Izm. N 1). Data vvedeniya 2011-05-20* [SP 35.13330.2011 Bridges and pipes. Updated version of SNiP 2.05.03-84* (as amended by N 1). Date of introduction 2011-05-20].
4. GOST 18124-2012 *Listy hrizotilcementnye ploskie. Tekhnicheskie usloviya (s Izm. N 1). Data vvedeniya 2013-07-01* [GOST 18124-2012 Flat chrysotile cement sheets. Specifications (with Amendment N 1). Date of introduction 2013-07-01].
5. *Seriya 2337. Shifr 2337. Ukrepleniya rusel, konusov i otkosov nasypu u malyh i srednih mostov i vodopropusknyh trub. Tipovaya seriya (Proektnaya dokumentaciya) ot 08 avgusta 2012 goda № 2337* [Series 2337. Code 2337. Strengthening channels, cones and slopes of the embankment at small and medium bridges and culverts. Type series (Design documentation) dated August 08, 2012 No. 2337].
6. GOST R 52289-2004. *Tekhnicheskie sredstva organizacii dorozhnogo dvizheniya. Pravila primeneniya dorozhnyh znakov, razmetki, svetoforov, dorozhnyh ograzhdenij i napravlyayushchih ustrojstv (s Izm. 1, 2, 3). Data vvedeniya 2006-01-01* [GOST R 52289-2004. Technical means of traffic management. Rules for the use of road signs, markings, traffic lights, road fences and guiding devices (as Amended. 1, 2, 3). Date of introduction 2006-01-01].
7. GOST R 52748-2007. *Dorogi avtomobil'nye obshchego pol'zovaniya. Normativnye nagruzki, raschetnye skhemy nagruzheniya i gabarity priblizheniya. Data vvedeniya 2008-01-01* [GOST R 52748-2007. General automobile roads. Regulatory loads, design load schemes and approximation dimensions. Date of introduction 2008-01-01].