

УДК 624.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ С НИЖНЕЙ СВОДЧАТОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ В МАЛОЗАГЛУБЛЕННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДАХ

А.А. Комлев, С.А. Макеев, Ю.В. Краснощеков
ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены пути совершенствования конструкций перекрытий малозаглубленных подземных пешеходных переходов. Предложено новое конструктивное решение сборно-монолитных перекрытий малозаглубленных подземных пешеходных переходов с нижней сводчатой поверхностью, выполненных на несъемной опалубке из арочного профилированного настила. Проведена оценка напряженно-деформированного состояния перекрытий в линейной и нелинейной постановке, выполнено сравнение. Проведено сравнение технико-экономических показателей основных типов перекрытий подземных пешеходных переходов.

Ключевые слова: малозаглубленные тоннели, подземные пешеходные переходы, сборно-монолитное перекрытие, распорное взаимодействие элементов.

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия в крупных городах особо острой стала проблема аварийности на дорогах. Данная проблема во многом определяется высокими темпами роста личного автотранспорта населения и дорожно-транспортной сетью, которая не рассчитана на такое количество автомобилей. И хотя дорожно-транспортная сеть постоянно модернизируется и расширяется, темпы модернизации слишком низки.

Ежегодно по всей территории России из-за ДТП погибает от 25000 до 30000 человек [1]. Из них примерно 25% это пешеходы, которые являются самой уязвимой группой участников дорожного движения.

Для обеспечения безопасности пешеходов транспортные и пешеходные потоки следует расположить в разных уровнях. И в этом помогают подземные и надземные переходы. О достоинствах и недостатках, которых говорит большое количество работ [2, 3]. Главным недостатком надземных переходов является их высота, что делает их малоприемлемыми для маломобильных групп населения. А подземных переходов их высокая стоимость. Но в итоге все сходится во мнении, что для городов использование подземных переходов предпочтительнее. Правда есть мнения, что от переходов стоит вообще отказаться вовсе [4], но статистика ДТП убедительно доказывает их неправоту.

Подземные пешеходные переходы по сво-

ей сути являются тоннелями мелкого заложения, так как их глубина не превышает 10 м от поверхности земли [5]. По очертанию, в основном, они имеют прямоугольную форму, хотя встречаются круглой и овальной. Возводят их открытым способом из сборных железобетонных элементов, а так же монолитного литья, хотя возможна замена железобетонных и иных конструкций на металлические гофрированные конструкции [6, 7].

У сборных железобетонных элементов в конструкциях подземных переходов есть ряд недостатков:

- большое количество стыковочных швов, из-за наличия которых страдает герметичность перехода;
- сложность доставки некоторых элементов сборных конструкций;
- ограниченный типоразмер;
- слабая архитектурная выразительность.

Также к недостаткам следует отнести то, что при проектировании переходов не учитывается совместная работа конструкций. А так же совместная работа перекрытий с дорожной одеждой. Что ведет к завышенным запасам жесткости и прочности, и как следствие стоимости.

В настоящее время существует несколько путей совершенствования перекрытий подземных переходов для снижения их стоимости.

Первый путь, учет совместной работы перекрытия с конструкцией дорожной одежды.

Исследования в этом направлении велись в Московском автомобильно-дорожном институте [8, 9]. Было установлено, что прогибы конструкций перекрытия при учете совместной работы составили лишь 30% от расчетных. Для улучшения совместной работы требуется обеспечить сцепление между перекрытием и дорожными одеждами путем нанесения насечек на поверхность перекрытия. Что для сборных конструкций не желательно, так как может привести к повреждению самой конструкции перекрытия, а так же приведет увеличению трудозатрат.

Второй путь, учет совместной работы перекрытий с конструкциями стен, колонн и т.д. Было выполнено огромное количество исследований по изучению совместной работы конструкций [10, 11]. Во всех работах получался один и тот же вывод - выявление и учет совместной работы элементов дают экономический эффект и указания для более правильного конструирования.

Третий путь, применение новых конструктивных решений перекрытий [12, 13].

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЕРЕКРЫТИЙ В МАЛОЗАГЛУБЛЕННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ПЕШЕХОДНЫХ ПЕРЕХОДАХ

С целью снижения расхода материалов, сокращения трудовых затрат, снижения количества стыков, а так же максимальным сцеплением с дорожными одеждами была разработана новая конструкция сборно-моноконструктивного перекрытия малозаглубленных подземных пешеходных переходов с применением несъемной опалубки из предварительно гнутого профилированного настила.

Оно представляет собой монолитную плиту с плоской верхней гранью и переменной высотой сечения, увеличивающейся к опорам (Рис. 1). Нижняя сводчатая поверхность описана параболой, которая образуется путем укладки на ригели, сборные или монолитные, несъемной опалубки из листов профилированного настила в виде пологих арок. Профнастил крепят к ригелям, которые располагаются поперек гофр профилированных листов в их торцевых стыках. Пологая арка имеет вылет

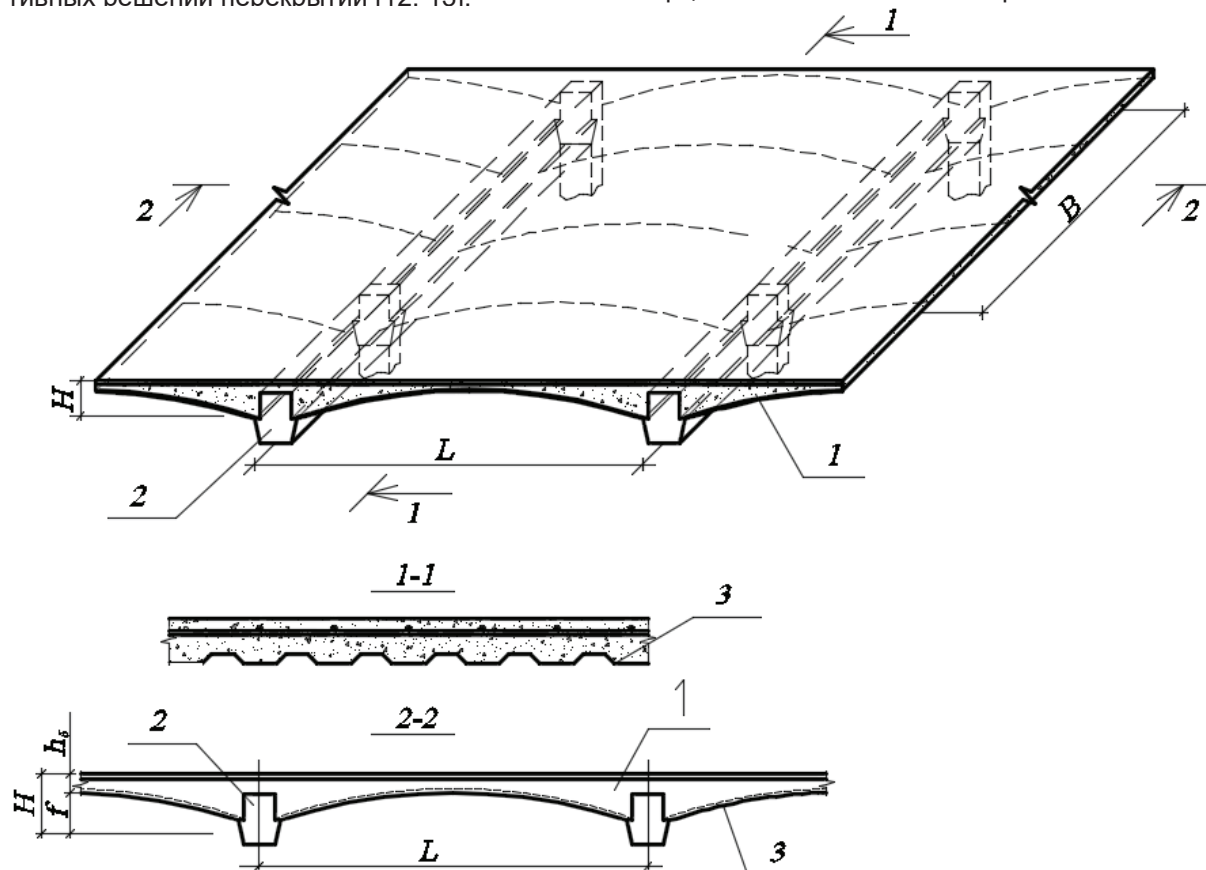


Рисунок 1 – Фрагмент монолитного перекрытия подземного перехода с нижней сводчатой поверхностью:

1 – монолитное перекрытие, 2 – сборные железобетонные балки, 3 – несъемная опалубка из профнастила

стрелы $f=1/20-1/30$ длины пролета. Толщина бетона в середине пролета не менее 70 мм.

Для обеспечения неразрезности конструкции предусматривается надопорное армирование. Также возможно использование противоусадочной арматуры. Для распорных связей применяются железобетонные балки или арматура из высокопрочной стали с предварительным напряжением.

В описанной конструкции в наибольшей степени реализовано влияние распорного взаимодействия перекрытия, которое требует детального исследования.

Данный тип перекрытий может применяться в одно, двух и трехпролетных конструкциях перекрытий подземных переходов при различных пролетах до 9 м (Рис. 2).

С целью оценки прочности сборно-монолитных перекрытий подземных переходов с нижней сводчатой поверхностью проведены исследования напряженно-деформированного состояния арочных фрагментов перекрытий. Было выполнено моделирование арочных фрагментов шириной 245 мм из объемных конечных элементов размерами 35х35х35мм.

Расчет проводился с учетом нелинейных характеристик материала. При задании его жесткости использован трехлинейный закон деформирования с характеристиками тяжелого бетона класса В15.

Расчет в нелинейной постановке позволяет оценить нагрузку, при которой происходит образование трещин в материале, а также деформации с учетом перераспределения усилий.

Разрушение бетона сжатой зоны происходит, когда выполняется условие $\sigma_b \geq R_b$, а появление трещин в растянутой зоне $\sigma_{bt} \geq R_{bt}$.

Расчет проводился на действие распределенных нагрузок. Распределенная нагрузка q изменялась от 1 кН/м² до 12 кН/м². Влияние армирования в расчете не учитывалось. Расчетная схема приведена на рис. 3.

По результатам расчетов были получены прогибы, сжимающие и растягивающие напряжения, сведения о состоянии материала в конструкциях перекрытий, наличии трещин и разрушенных участков.

При загрузении распределенной нагрузкой перекрытия пролетом 6 м трещины появляются при нагрузке 7,5 - 8 кН/м² в приопорной

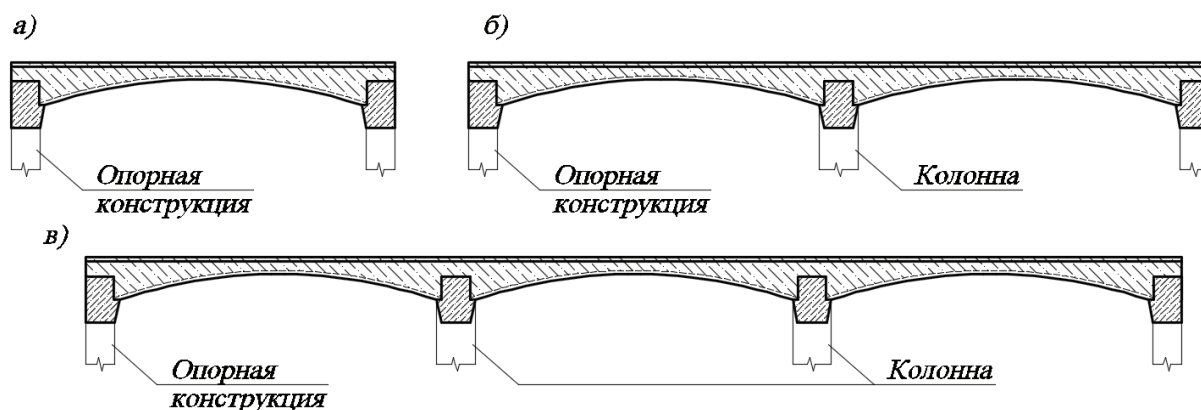


Рисунок 2 – Варианты сборно-монолитного перекрытия подземного перехода с нижней сводчатой поверхностью:

а) однопролетные, б) двухпролетные, в) трехпролетные

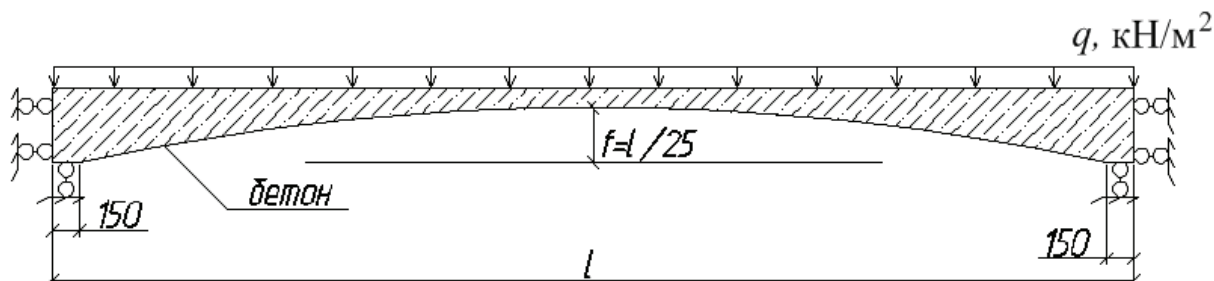


Рисунок 3 – Расчетная схема арочных фрагментов

РАЗДЕЛ III. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

верхней части плиты. При нагружении перекрытия пролетом 9 м отмечено появление трещин при нагрузке 3,5 - 4 кН/м².

На рис. 4 изображены изополя напряжений в перекрытии пролетом 6 м от распределенной нагрузки $q = 12$ кН/м², обозначены зоны с

максимальными сжимающими и растягивающими напряжениями.

В таблице 1 приведены значения прогибов, напряжений и состояния бетона на различных этапах нагружений в нелинейной /линейной постановке.

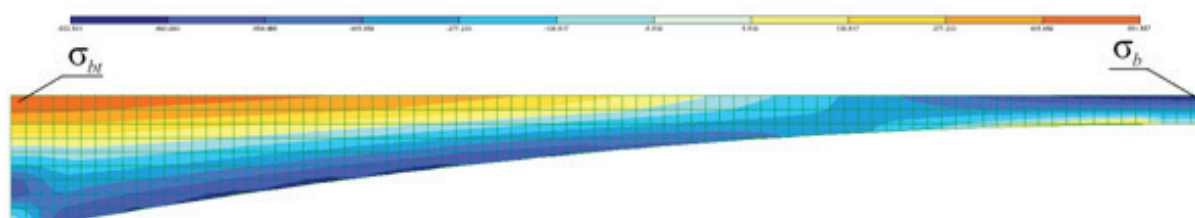


Рисунок 4 – Изополя напряжений в перекрытии пролетом 6 м при распределенной нагрузке

Таблица 1
ПОКАЗАТЕЛИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ПЛИТ
ПЕРЕКРЫТИЙ ПРОЛОТОМ 6 И 9 М ОТ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ НАГРУЗКИ

q , кН/ м ²	Прогиб y , мм.		σ_{bt} , кН/м ²		σ_{bt} , кН/м ²		Объем материала с трещинами, %	
	$l=6000$	$l=9000$	$l=6000$	$l=9000$	$l=6000$	$l=9000$	$l=6000$	$l=9000$
1	0,91 0,86	2,49 2,56	900 849	1500 1480	558 562	751 872	0	2,9
2	1,18 1,12	3,27 3,30	1160 1116	2000 1920	691 697	751 1046	0	7,7
3	1,46 1,34	4,08 4,05	1420 1383	2530 2370	750 831	751 1223	1,5	12,9
4	1,76 1,65	4,90 4,79	1720 1650	3080 2810	751 965	751 141	7,6	15,6
5	2,06 1,91	5,73 5,54	2030 1917	3640 3260	751 1100	751 1578	11,7	18,5
6	2,37 2,18	6,57 6,25	2350 2185	4220 3680	751 1234	751 1746	12,8	21,5
7	2,69 2,44	7,42 7,04	2690 2452	4810 4150	751 1368	751 1933	14,9	22,7
8	3,00 2,70	8,27 7,79	3030 2719	5400 4600	751 1503	751 2110	17,7	24,0
9	3,32 2,97	9,12 8,54	3370 2986	6000 5040	751 1637	751 2280	18,5	24,7
10	3,65 3,23	9,97 9,29	3720 3254	6600 5490	751 1771	751 2465	20,7	25,4
11	3,97 3,49	10,8 10,0	4080 3521	7210 5870	751 1900	751 2642	21,1	25,9
12	4,30 3,76	11,7 10,8	430 3788	7810 6380	751 2040	751 2820	21,9	26,4

Таблица 2
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВАРИАНТОВ ПЕРЕКРЫТИЙ

Варианты перекрытий	L , м.	f , м.	h_6 , мм.	Марка профлиста	Расход материалов	
					кг/м ²	м ³ /м ²
Сборно-монолитное перекрытие по арочному профилированному настилу	6	0,2	100	H57-750	43	0,25
	6	0,3	100	H60-845	37	0,25
Монолитное перекрытие	6				65	0,25
Сборное по серии 3.507-1	6				45	0,25

По результатам расчетов определен расход материалов для различных вариантов перекрытий с нижней сводчатой поверхностью.

Для сравнения приведены затраты стали для монолитного безбалочного перекрытия, сборного перекрытия по серии 3.507-1 и перекрытия с нижней сводчатой поверхностью. Для наглядности варианты подобраны таким образом, чтобы расход бетона был одинаковым. Показатели расхода стали и бетона приведены в табл. 2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, разработанное конструктивное решение сборно-монолитных перекрытий малозаглубленных подземных переходов с нижней сводчатой поверхностью позволяет соединить в себе достоинства монолитных и сборно-монолитных конструкций. Они сопоставимы по расходу материалов с перекрытиями из сборного железобетона, имеют меньший расход материалов и требуют меньших трудозатрат по сравнению с перекрытиями из монолитного железобетона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акимов В.С. К вопросу о выборе типа пешеходного перехода / В. С. Акимов, К. Ю. Козина, К. А. Кадейкина. Развитие дорожно-транспортного комплекса и строительной инфраструктуры на основе рационального природопользования: материалы VII Всерос-

сийской научно-практической конференции ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (с международным участием) / РААСН, СибАДИ. - Омск: СибАДИ, 2012 Кн.1. - 586 с. – с.3-8.

2. Гуревич Л.В. Справочник проектировщика городских дорог: справочное издание / Л. В. Гуревич, Ю. С. Ланцберг, К. И. Страхов. - М.: Стройиздат, 1968. - 366 с.

3. Фишельсон М.С. Транспортная планировка городов: учеб. пособие : допущено МВ и ССО СССР для авто.-дор. спец. вузов / М. С. Фишельсон. - М.: Высшая школа, 1985. - 240 с.

4. Почему надо закопать подземные переходы [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://varlamov.ru/1055487.html>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения к ресурсу: 30.07.2017)

5. Каменев С.Н. Транспортные сооружения: учебное пособие / С. Н. Каменев. - Волгоград: Ин-Фолио, 2010. - 368 с.

6. Моисеева О.В., Клевеко В.И. Учет безопасности движения пешеходов и стоимости строительства при выборе рационального типа пешеходного перехода // Мир науки и инноваций. – 2015. – Т. 8, № 2 (2). – с. 90–93.

7. Moiseeva O.V., Kleveko V.I. Choice of rational type of crosswalk with regard to the safety for pedestrians and the cost of construction // SWorldJournal. – 2015. – Vol. J21504. – No. 2 (9). – с. 3–5.

8. Клейн В.Г. Исследование работы конструкций перекрытий подземных пешеходных переходов / В. Г. Клейн, В. М. Стаин. Мо-

сковский автомобильно-дорожный институт. Прочность дорожных одежд и сооружений на автомобильных дорогах / МАДИ. - М.: МАДИ, 1985. - 126 с. - с. 73-78.

9. Клейн В.Г. Лабораторные исследования моделей перекрытий подземных пешеходных переходов / В. Г. Клейн, В. М. Стаин.. Строительная механика машин и конструкций на автомобильных дорогах: сборник научных трудов / МАДИ. - М.: МАДИ, 1987. - 129 с. - с. 91-99.

10. Краснощеков Ю.В. Научные основы исследований взаимодействия элементов железобетонных конструкций: Дис.,... д-ра техн. наук. - Омск; СибАДИ, 2001. - 345с.

11. Березов В.Н. Исследование совместной работы железобетонных плит и балок

сборных покрытий на вертикальные нагрузки: Автореф. дис.,... канд. техн. наук. - Владивосток: ДПИ, 1975. -30с.

12. Назаретова, И. А. Исследование вопроса применения замкнутых секций из предварительно напряженного железобетона в конструкциях подземных пешеходных переходов: автореферат дис. ... канд. техн. наук - Академия коммунального хозяйства. - М., 1965. - 22 с.: ил. - Библиогр.: с. 21.

13. Кожушко В.П. Исследование работы подземных пешеходных переходов прямоугольного очертания: автореферат дис. ... канд. техн. наук - ХИСИ. - Харьков, 1972. - 20 с.

14. Серия 3.507-1 «Сборные железобетонные конструкции для подземных пешеходных переходов» выпуск 1.

THE USE OF PRECAST-MONOLITHIC SLABS WITH THE LOWER VAULTED SURFACE IS SLIGHTLY DEEPEINED IN UNDERGROUND PEDESTRIAN CROSSINGS

A.A. Komlev, S.A. Makeev, Y.V Krasnoshchekov

Abstract. The article considers the ways of improvement of designs of overlappings slightly deepened underpasses. The proposed new design solution for precast-monolithic slabs slightly deepened underground pedestrian crossings with the lower vaulted surface is made on a permanent form of arched profiled flooring. The evaluation of the stress-strain state of beams in linear and nonlinear formulation, are compared. A comparison of technical and economic parameters of basic types of overlaps underpasses.

Key words: weakly deepened tunnels, underground pedestrian crossings, precast-monolithic overlap, the spacer element interaction.

REFERENCES

1. Akimova V.S. K voprosu o vybere tipa peshehodnogo perehoda [The question of the choice of the type of pedestrian crossing]. Razvitie dorozhno-transportnogo kompleksa i stroitel'noj infrastruktury na osnove racional'nogo prirodoopol'zovaniya: materialy VII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii FGBOU VPO "SibADI", Omsk, SibADI, 2012, pp. 3-8.

2. Gurevich L.V. Spravochnik proektirovshhika gorodskih dorog [Directory of designer urban roads]. Moscow, Strojizdat, 1968. 366 p.

3. Fishel'son M.S. Transportnaja planirovka gorodov [Transport planning of cities]. Moscow, Vysshaja shkola, 1985, 240 p.

4. Pochemu nado zakopat' podzemnye perehody [Why is it necessary to dig underground passages]. - Rezhim dostupa: <http://varlamov.ru/1055487.html>, svobodnyj. - Zagl. s jekrana (data obrashhenija k resursu: 30.07.2017)

5. Kamenev S.N. Transportnye sooruzhenija: uchebnoe posobie [Transport facilities]. Volgograd, 2010, 368 p.

6. Moiseeva O.V., Kleveko V.I. Uchet bezopasnosti dvizhenija peshehodov i stoimosti stroitel'stva pri vybere racional'nogo tipa peshehodnogo perehoda [Safety of pedestrians and construction cost in the choice of rational type of pedestrian crossing]. Mir nauki i innovacij, 2015, № 2 (2), pp. 90-93.

7. Moiseeva O.V., Kleveko V.I. Choice of rational type of crosswalk with regard to the safety for pedestrians and the cost of construction [Choice of rational type of crosswalk with regard to the safety for pedestrians and the cost of construction] SWorldJournal, 2015, Vol.J21504, No.2 (9), pp. 3-5.

14. Seriya 3.507-1 «Sbornye zhelezobetonnye konstrukcii dlia podzemnykh peshehodnykh

Krasnoshchekov Y.V (Omsk, Russia) – doctor of technical Sciences, associate Professor, Siberian state automobile-highway University (SibADI). Department – building Construction. (644080, Omsk, pr. Mira, 5, e-mail: uv1942@mail.ru).