

Технические науки. Архитектура и строительство

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.2-2024-01>

УДК: 624.21/8

МРНТИ: 55.51.41

Испытание опор автодорожного моста**¹Бакиев Б.Т., ^{*2}Белов А.Г.**¹ТОО «Мостдорпроект», г. Алматы, Казахстан²Казахский автомобильно-дорожный институт имени Л.Б. Гончарова, г. Алматы, Казахстан*Автор-корреспондент email: below_aleksei@mail.ru**Аннотация**

В статье рассматривается пример реконструкции автодорожного путепровода на автомобильной дороге «Сарань–РТИ» в Карагандинской области. Основной проблемой, с которой сталкиваются специалисты при реконструкции подобных сооружений, является отсутствие проектной, сметной и исполнительной документации, что затрудняет определение технического состояния конструкций и их фундаментов. В таких случаях традиционно принимается решение о полном демонтаже и возведении нового мостового сооружения, что связано с высокими затратами и длительными сроками работ. Однако в рассматриваемом проекте был реализован инновационный подход, заключающийся в проведении обследования и натурных испытаний существующих конструкций под действием нормативных транспортных нагрузок. Результаты инженерно-геологических изысканий, проведённых на объекте, позволили определить основные характеристики грунтов основания, однако не предоставили информации о типе фундаментов. На основании хорошего состояния опор и данных испытаний, проведённых с помощью автосамосвалов, удалось подтвердить, что существующие фундаменты имеют достаточную несущую способность. Проведённые расчёты в программном комплексе Midas и данные натурных испытаний показали, что осадки опор соответствуют нормативным требованиям. Таким образом, была доказана возможность реконструкции путепровода с использованием существующих фундаментов, что позволило сократить объём строительно-монтажных работ, минимизировать затраты и сохранить транспортное сообщение. Полученные результаты могут быть рекомендованы для применения при реконструкции аналогичных мостовых сооружений, особенно при отсутствии исходной проектной документации.

Ключевые слова: путепровод, фундамент, нагружение, испытание, реконструкция

Поступила:
17 марта 2024
Рецензирование:
14 апреля 2024
Принята в печать:
12 мая 2024

Бакиев Б.Т.	Главный инженер ТОО «Мостдорпроект», г. Алматы, Республика Казахстан. ORCID ID: https://orcid.org/0009-0005-8255-8060 . E-mail: bakievbt@mail.ru
Белов А.Г.	Информация об авторах: Кандидат технических наук, ассоциированный профессор кафедры «Транспортное строительство и производство строительных материалов», КазАДИ им. Л.Б.Гончарова, г. Алматы, Республика Казахстан. ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-5679-5816 . E-mail: below_aleksei@mail.ru

Техникалық ғылымдар. Сәулет және құрылыш

<https://doi.org/10.63377/3005-4966.2-2024-01>

ӘОЖ: 624.21/.8

FTAMP: 55.51.41

Жол көпірінің тіректерін сынау

¹Бакиев Б.Т., ^{*2}Белов А.Г.

¹ЖШС «Мостдорпроект», Алматы қ, Қазақстан

²Л.Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты, Алматы қ, Қазақстан

*Автор-корреспондент email: below_aleksei@mail.ru

Түйіндеме

Мақалада Қарағанды облысындағы "Саран-РТИ" автомобиль жолындағы автожол өткелін қайта құру мысалы қарастырылады. Мұндай құрылыштарды қайта құру кезінде мамандардың алдында тұрған негізгі проблема жобалау, сметалық және атқарушылық құжаттаманың болмауы болып табылады, бұл құрылымдар мен олардың іргетастарының техникалық жағдайын анықтауды қынданатады. Мұндай жағдайларда дәстүрлі тұрде жаңа көпір құрылышын толығымен бөлшектеу және салу туралы шешім қабылданады, бұл жоғары шығындар мен ұзақ жұмыс уақытына байланысты. Алайда, қарастырылып отырған жобада нормативтік көлік жүктемелерінің әсерінен қолданыстағы конструкцияларды зерттеу мен заттай сынақтан өткізуден тұратын инновациялық тәсіл іске асырылды. Нысанда жүргізілген инженерлік-геологиялық зерттеулердің нәтижелері негіз топырақтарының негізгі сипаттамаларын анықтауга мүмкіндік берді, бірақ Иргетастардың түрі туралы ақпарат бермеді. Тіректердің жақсы күйіне және автосамосвалдармен жүргізілген сынақ деректеріне сүйене отырып, қолданыстағы Иргетастардың жеткілікті жүк көтергіштігі бар екенін раставаға болады. Midas бағдарламалық кешенінде жүргізілген есептеулер және заттай сынақтардың деректері тіректердің жауын-шашины нормативтік талаптарға сәйкес келетіндігін көрсетті. Осылайша, қолданыстағы іргетастарды пайдалана отырып, жол өткелін қайта құру мүмкіндігі дәлелденді, бұл құрылыш-монтаждау жұмыстарының көлемін қысқартуға, шығындарды азайтуға және көлік қатынасын сақтауға мүмкіндік берді. Алынған нәтижелер үқсас көпір құрылыштарын қайта құру кезінде, әсіресе бастапқы жобалау құжаттамасы болмаған кезде қолдану үшін ұсынылуы мүмкін.

Түйін сөздер: эстакада, іргетас, тиеу, сынау, қайта құру

Мақала келді:
17 ақпан 2024
Саралтамадан өтті:
14 наурыз 2024
Қабылданды:
12 мамыр 2024

Белов А.Г.

Авторлар туралы ақпарат:

Техника ғылымдарының кандидаты, "Көлік құрылышы және құрылыш материалдарын өндіру" кафедрасының қауымдастырылған профессоры. Л.Б. Гончаров атындағы Қазақ автомобиль-жол институты, Алматы қ, Қазақстан, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5679-5816>. E-mail: below_aleksei@mail.ru

Бакиев Б.Т.

ЖШС «Мостдорпроект» бас инженері, г. Алматы, Республика Казахстан. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-8255-8060>. E-mail: bakievbt@mail.ru

Testing of road bridge supports

¹Bakiev B.T., ^{*2}Belov A.G.

¹LLP «Mostdorproekt», Almaty, Republic of Kazakhstan

²Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B. Goncharov, Almaty, Republic of Kazakhstan

*Corresponding author email: below_aleksei@mail.ru

Received:
17 February 2024
Peer-reviewed:
14 March 2024
Accepted:
12 May 2024

Abstract

The article considers an example of the reconstruction of a highway overpass on the Saran–RTI highway in the Karaganda region. The main problem faced by specialists during the reconstruction of such structures is the lack of design, estimate and executive documentation, which makes it difficult to determine the technical condition of structures and their foundations. In such cases, it is traditionally decided to completely dismantle and erect a new bridge structure, which is associated with high costs and long work periods. However, an innovative approach was implemented in the project under consideration, which consists in conducting surveys and field tests of existing structures under the influence of regulatory transport loads. The results of the engineering and geological surveys conducted at the facility made it possible to determine the main characteristics of the foundation soils, but did not provide information about the type of foundations. Based on the good condition of the supports and the test data carried out using dump trucks, it was possible to confirm that the existing foundations have sufficient bearing capacity. The calculations performed in the Midas software package and the data from field tests showed that the precipitation of the supports meets the regulatory requirements. Thus, the possibility of reconstruction of the overpass using existing foundations was proved, which made it possible to reduce the volume of construction and installation work, minimize costs and preserve transport links. The results obtained can be recommended for use in the reconstruction of similar bridge structures, especially in the absence of initial design documentation.

Keywords: overpass, foundation, loading, testing, reconstruction

Below A.G.	Information about authors: <i>Candidate of Technical Sciences, associate professor of the Department "Transport Construction and Production of Building materials", Kazakh Automobile and Road Institute named after L.B. Goncharov, Almaty, Kazakhstan. ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-5679-5816. E-mail: below_aleksei@mail.ru</i>
Bakiev B.T.	<i>Chief engineer of LLP «Mostdorproekt». Almaty, Kazakhstan. ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-5679-5816. E-mail: bakievbt@mail.ru</i>

Введение

При разработке проектно-сметной документации по реконструкции и капитальному ремонту мостовых сооружений в 95% случаев отсутствует как проектно-сметная, так и исполнительная документация, которая должна храниться в отделе эксплуатации собственника автомобильной дороги. При отсутствии этих документов и невозможности определить размеры фундамента и его техническое состояние, а также при наличии других дефектов, проектировщики зачастую принимают решение о демонтаже существующих конструкций и строительстве новых мостовых сооружений. Этот подход является наиболее простым с точки зрения проектирования, но существует и другой, более творческий путь, который опирается на опыт проектирования, строительства и испытаний. Такой подход позволяет на этапе проектирования добиться экономии финансовых и материальных средств при последующем строительстве.

Методы

Для оценки технического состояния и несущей способности опор автодорожного путепровода на автомобильной дороге «Сарань–РТИ» в Карагандинской области были применены комплексные инженерные методы:

1. Визуальное и инструментальное обследование конструкций, включая определение состояния бетона и наличие трещин в пролетных строениях и ригелях.
2. Анализ архивной документации, в том числе проектной и исполнительной документации (при отсутствии — аналогичных проектов).
3. Инженерно-геологические изыскания, включая бурение скважин и определение физико-механических свойств грунтов основания.
4. Моделирование нагрузок в программном комплексе Midas для определения усилий в опорах при действии временной подвижной нагрузки (А-11/НК-80).
5. Натурные испытания (статические), включающие поэтапное нагружение конструкций с использованием автосамосвалов для измерения величин осадки опор и сопоставления их с расчётными данными.
6. Сравнительный анализ расчётных и фактических данных, для определения соответствия существующих фундаментов требуемой несущей способности и устойчивости.

Результаты

Разработка рабочего проекта реконструкции автодорожного путепровода на автомобильной дороге «Сарань–РТИ» в Карагандинской области [1] является примером сокращения строительно-монтажных работ. Существующий путепровод был возведен в 1983 году, нагрузка, на которую проектировался путепровод – Н-30/НК-80. Объект расположен на прямом участке автомобильной дороги, сооружение состоит из трех пролетов длиной по 12м в составе которых ненапряженные железобетонные балки. По результатам обследования выявлено что путепровод находится в аварийном состоянии, основные дефекты - балки пролетных строений и ригели путепровода имеют опасные не восстановимые трещины. Все стойки опор в хорошем состоянии и имеют прочность бетона соответствующих проектной прочности - В22,5.

На основании полученных выводов по обследованию путепровода невозможно определить состояние фундаментов опор. Откопать фундаменты и идентифицировать тип фундамента не представляется возможным, из-за наличия коммуникаций, расположенных в зоне промежуточных опор. На основе того что стойки путепровода находятся в удовлетворительном состоянии, можно предположить, что фундамент сооружения также находится в удовле-

творительном состоянии, и грунты за 38 лет эксплуатации стабилизировались. Для подтверждения несущей способности состояния фундаментов путепровода принято решение испытать сооружение под действием расчетных транспортных нагрузок. На основании п. 6.3.2 [2], в расчетах для определения осадки фундаментов опор нагружением, в расчётах принята временная подвижная нагрузка А-11/НК-80 взамен Н-30 НК-80.

В процессе статических испытаний определяются деформации (осадки) опор путепровода, испытательная нагрузка, действующая на опоры, при испытаниях автодорожных мостовых сооружений как правило, должны быть не менее – 70% усилий от проектной нагрузки А-11 НК-80, т.е. испытательная нагрузка на ось должна быть не менее 8 тонн на ось и загружение колонной не менее 60т п. 7.2.7 [3].

Проведены расчеты, в программе Midas, по определению усилий в стойках крайней и промежуточной опор от нагрузки А-11 и НК-80, определены опорные реакции от предлагаемых схем загружения, см. рисунок 1.

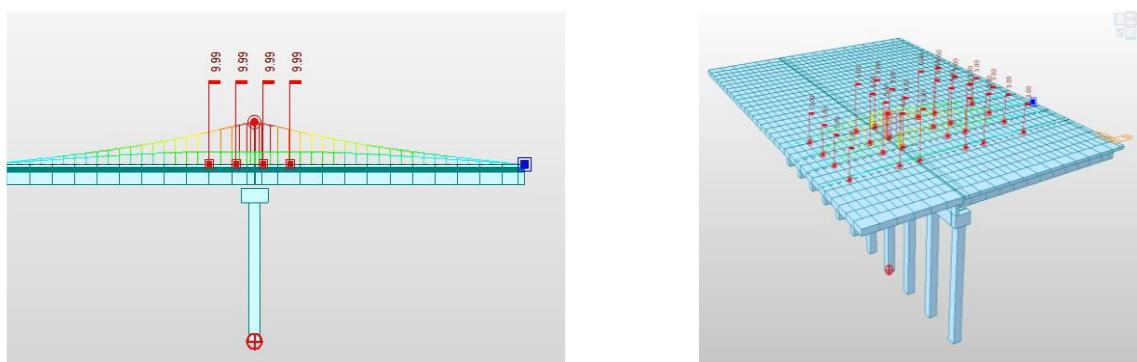


Рисунок 1. Расчетная схема загружения испытательной нагрузкой крайней опоры
[материал автора]

Размеры и вес транспортных средств для расчета приняты в соответствии с требованиями раздела 2. п.13. [4], это трехосные груженые автосамосвалы с общим весом около 25т.

Имея данные теоретических расчетов, приступаем к испытаниям конструкций, загружаем сыпучими материалами и предварительно взвешиваем 4-ре автосамосвала на карьере дорожно-строительных материалов ТОО «Импульс» расположенным рядом с г.Сарань, вес автосамосвалов приведен в таблице 1.

Таблица 1. Грузовые характеристики самосвалов

Госномер авто- самосвала, №	Нагрузка на ось,т			Общий вес,т
	1	2	3	
096 DGA 09	6.74	10.05	10.04	26.83
430 FAZ 09	7.86	9.54	8.97	26.37
M 657 BBN	6.9	9.85	9.58	26.33
023 PCA 09	7.78	8.65	8.24	24.67
Итого:				104.2

На опорах путепровода устанавливают датчики перемещений, на опоре №4 – 3 датчика, на опоре №3 – 4 датчика. После остановки сотрудниками дорожной полиции транспортного движения на автомобильной дороге «Сарань-РТИ», начато статическое испытание крайней опоры №4 и промежуточной опоры №3.

Порядок выполнения работ для опор №3 и №4:

- снять «нулевые» показания приборов;

- выполнить 1 этап загружения крайней опоры №4 двумя автосамосвалами с тем, чтобы убедиться в отсутствии локальных деформаций конструкций, наличие которых может потребовать приостановление работ;

- выдержать опору под нагрузкой 20 минут по истечению которых снять показания приборов, фиксирующих величину осадки;

- установить отсутствие локальных деформаций;

- выполнить 2-ой этап загружения четырьмя автосамосвалами;

- выдержать опору под нагрузкой 20 минут по истечению которых снять показания приборов, фиксирующих величину осадки;

- разгрузить путепровод;

- снять показания по истечению 20 минут.

После завершения испытания проведено открытие проезда автотранспорта по путепроводу в обычном режиме.



Рисунок 2. Статическое испытание промежуточной опоры №3

Результаты выполненных работ сведены в таблице 2 и 3. «Показания приборов для измерения величины осадки опор №3 (промежуточной) и №4 (крайней). Показания приборов, расположенных на промежуточной опоре №3 и крайней опоре №4 на приведены в таблице 2 и 3.

Таблица 2. Показания приборов, расположенных на крайней опоре №4

Время	Нагрузка по ве-сам, т	Прибор 1' (Стойка №1), мм	Прибор 2' (Стойка №3), мм	Прибор 3' (Стойка №6), мм	Примечание
13:21	0	19,36	10,58	11,01	без автосамосвалов
13:42	53,2	19,36	10,60	11,02	2 автосамосвала над опорой №4
14:16	104,2	19,36	10,65	11,03	4 автосамосвала над опорой №4
14:23	0	19,36	10,60	11,01	без автосамосвалов
14:38	104,2	19,36	10,62	11,02	4 автосамосвала над опорой №3
14:57	0	19,36	10,60	11,01	без автосамосвалов
Максимальная осадка опоры		0	0,07	0,02	

После завершения испытания проведен перерасчет теоретических данных с данными испытания.

Результаты инженерно-геологических изысканий, не дали однозначного ответа по типу фундамента путепровода. Грунтовое основание представлено 3-мя основными слоями:

- ИГЭ-2 СУГЛИНОК – коричневый, легкий, пылеватый, мягкопластичный.

Вскрытая мощность 4.0м. С 0.4 до 4.0м.

- ИГЭ-3 СУПЕСЬ – коричневый, пылеватый, текущий. Вскрытая мощность 9.0м. С 4.0 до 13.0м.

- ИГЭ-4 ГЛИНА – цветная, легкая, пылеватая, полутвердая, с включением гальки и песка. Вскрытая мощность 7.0м. С 13.0 до 20.0м.

Таблица 3. Показания приборов, расположенных на промежуточной опоре №3

Время	Нагрузка по весам, т	Прибор 1 (Стойка №1), мм	Прибор 2 (Стойка №2), мм	Прибор 3 (Стойка №6), мм	Прибор 4 (Стойка №7), мм	Примечание
Промежуточная опора						
13:21	0	10,62	8,97	28,25	9,83	без автосамосвалов
13:42	53,2	10,63	8,97	28,25	9,83	2 автосамосвала над опорой №4
14:16	104,2	10,64	9,04	28,25	9,83	4 автосамосвала над опорой №4
14:23	0	10,62	8,97	28,25	9,83	без автосамосвалов
14:38	104,2	10,64	9,06	28,25	9,83	4 автосамосвала над опорой №3
14:57	0	10,62	8,97	28,25	9,83	без автосамосвалов
Максимальная осадка опоры		0,02	0,09	0	0	

При расчете опор принято решение рассмотреть два возможных варианта конструкции фундамента опор путепровода с минимально допустимыми размерами фундаментов в соответствии с требованиями нормативов по проектированию фундаментов:

1. Фундамент мелкого заложения, (далее ФМЗ), опирающийся на ИГЭ-2 – суглинок: для крайней опоры - 3,2x16,0м, толщиной 0,3м; для промежуточной опоры - 3,2x16,0м, толщиной 0,3м.

2. Свайный фундамент, опирающийся на ИГЭ-4 - глина: для крайней опоры - свайный ростверк 2,0x16,0м толщиной 0,3м, два ряда свай по 15 шт в ряду, глубина заложения свай – 12,0м; для промежуточной опоры - свайный ростверк 2,0x16,0м толщиной 0,3м, два ряда по 15 свай, глубина заложения свай – 12,0м.

С учетом принятых геометрических размеров фундаментов выполнен расчет по несущей способности основания и осадки опор с применением программы «Опора X», полученные результаты расчетов сведены в таблицу 4. Так же выполнен расчет осадки основания, результат приведен в таблице 5.

На основании выполненных расчётов и сравнительного анализа, можно с уверенностью утверждать, что конструкция существующих фундаментов путепровода как крайних, так и промежуточных опор принята свайного типа.

Итоговым результатом проведенных расчетов и подтверждающего испытания, должно стать выполнение условия, см. таблицу 6:

$$\Delta_{расч} \geq \Delta_{факт}$$

где: $\Delta_{расч}$ – величина осадки опор при действии нагрузки принятой в проекте реконструкции путепровода;

$\Delta_{факт}$ – величина осадки опор полученной в результате натурных испытаний.

Таблица 4. Результаты расчета величины несущей способности основания и сравнение с величиной максимального давления на основание от воздействия собственного веса путепровода и нагрузки А-11/НК-80

Тип	Тип	Величина	Величина мак-	Запас (+)	Проверка выполнения
-----	-----	----------	---------------	-----------	---------------------

опор	фунда- мента	несущей способно- сти основания, тс/м ²	симального давления на основание, тс/м ²	или пере- груз (-) не- сущей спо- собности, т/м ²	условия по несущей способности основа- ния фундамента
Край- няя	ФМЗ	14,88	33,06	-18,18	не выполняется
	Свайный	104,46	48,99	+55,47	выполняется
Про- меж.	ФМЗ	7,5	15,02	-7,52	не выполняется
	Свайный	92,72	43,58	+49,14	выполняется

Таблица 5. Результаты величины осадки, полученной расчетным путем и величины, зафиксированной при загружении опор испытательной нагрузкой

Тип опор	Тип фундамента	Величина осадки, по- лученная расчетным путем, см	Проверка выполнения условия на осадку фун- дамента, см
Крайняя	ФМЗ	14,9	не выполняется
	Свайный	4,99	выполняется
Промежуточная	ФМЗ	5,18	не выполняется
	Свайный	3,38	выполняется

Таблица 6. Сравнение величин осадок, полученных расчетным путем и испытанием

Тип опор	Величина осадки, полученная расчетным путем, см	Величина осадки, зафиксированная при испытании нагрузкой Δ факт, см
Крайняя	4,99	0,007
Промежуточная	3,38	0,009

Обсуждение

Результаты обследования показали, что, несмотря на аварийное состояние пролетных строений, стойки опор находятся в хорошем состоянии. Однако отсутствие информации о типе и состоянии фундаментов, а также невозможность проведения вскрытия из-за наличия коммуникаций создавали значительные проектные риски.

Традиционный подход в таких случаях заключается в демонтаже и замене конструкций, что приводит к значительным финансовым и времененным затратам. В данном проекте был применён более инновационный подход – проведение испытаний под действием реальных нагрузок.

Результаты испытаний показали, что осадки опор при действии нормативной нагрузки оказались существенно меньше расчётных, выполненных для возможных типов фундаментов. Анализ инженерно-геологических данных подтвердил наличие устойчивых слоёв грунта, а расчётные значения для свайных фундаментов позволили подтвердить их несущую способность.

Таким образом, применение интегрированного подхода с использованием инженерного анализа, натурных испытаний и геотехнических данных позволило избежать полного демонтажа и проектировать реконструкцию с минимизацией затрат.

Выводы

- Определен существующий фундамент - свайного типа;
- Грунт основания фундаментов за время эксплуатации путепровода стабилизировался;

3. Несущая способность грунта под фундаментами опор имеет значительный запас для восприятия нагрузки А-11/НК-80, и воздействия от собственного веса путепровода;

4. Существующие фундаменты опор находятся в работоспособном состоянии, и воспринимают нагрузки от воздействия собственного веса путепровода и нагрузки А-11/НК-80, без деформаций;

5. Существующий фундамент и стойки опор путепровода можно использовать для повторного применения;

6. Сохранение существующего фундамента, стоек опор и отсутствие земляных работ, составило экономию - 155 млн. тенге в ценах 2022г.

Конфликт интересов. Корреспондент автор заявляет, что конфликта интересов нет.

Ссылка на данную статью: Бакиев Б.Т., Белов А.Г, Испытание опор автодорожного моста // Вестник Казахского автомобильно-дорожного института = Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutyn Khabarshysy. 2024; 2 (6):6-14. <https://doi.org/10.63377/3005-4966.2-2024-01>

Cite this article as: Bakiev B.T., Belov A.G. Ispytanie opor avtodorozhnogo mosta [Testing of road bridge supports]. Vestnik Kazahskogo avtomobil'no-dorozhnogoinstituta= Bulletin of Kazakh Automobile and Road Institute = Kazakh avtomobil-zhol institutyn Khabarshysy. 2024; 2(6): 6-14. (In Rus.). <https://doi.org/10.63377/3005-4966.2-2024-01>

Литература

- [1] Мостдорпроект. Отчет о результатах обследования технического состояния и испытания путепровода через железную дорогу на автомобильной дороге «Сарань-РТИ» в Карагандинской области. Алматы: ТОО «Мостдорпроект». 2021, 180.
- [2] СП РК 3.03-112-2013. Мосты и трубы. Астана: Министерство регионального развития Республики Казахстан. 2014, 362.
- [3] СП РК 3.03-113-2014. Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний. Астана: Министерство национальной экономики Республики Казахстан. 2015, 143.
- [4] Министерство по инвестициям и развитию Республики Казахстан. Приказ №342 от 26.03.2015. Об утверждении допустимых параметров автотранспортных средств, предназначенных для передвижения по автомобильным дорогам Республики Казахстан. Астана. 2015, 93.

References

- [1] Mostdorproekt. Otchet o rezul'tatakh obsledovaniya tekhnicheskogo sostoyaniya i ispytaniya puteprovoda cherez zheleznyyu dorogu na avtomobil'noj doroge «Saran'-RTI» v Karagandinskoj oblasti [Report on the results of the technical condition survey and testing of the overpass over the railway on the "Saran-RTI" road in the Karaganda region]. Almaty: TOO "Mostdorproekt". 2021, 180. (in Russ.).
- [2] SP RK 3.03-112-2013. Mosty i truby [Bridges and culverts]. Astana: Ministry of Regional Development of the Republic of Kazakhstan. 2014, 362. (in Russ.).
- [3] SP RK 3.03-113-2014. Mosty i truby. Pravila obsledovanij i ispytanij [Bridges and culverts. Rules for inspection and testing]. Astana: Ministry of National Economy of the Republic of Kazakhstan. 2015, 143. (in Russ.).
- [4] Ministerstvo po investitsiyam i razvitiyu Respubliki Kazakhstan. Prikaz №342 ot 26.03.2015. Ob utverzhdenii dopustimykh parametrov avtotransportnykh sredstv, prednaznachennykh dlya peredvizheniya po avtomobil'nym dorogam Respubliki Kazakhstan [Order №342 of 26.03.2015. On approval of permissible parameters of vehicles intended for movement on the roads of the Republic of Kazakhstan]. Astana.2015, 93. (in Russ.).