



**КУРМАНБЕК УУЛУ Н., ОМУРБЕК УУЛУ Р., ТУРДУБАЙ УУЛУ С.,
МУРЗАКМАТОВ Д.К.**

¹КГУСТА им. Н.Исанова, Бишкек, Кыргызская Республика

**KURMANBEK UULU N., OMURBEK UULU R., TURDUBAY UULU S.,
MURZAKMATOV D.K.**

¹KSUSTA n.a. N. Isanov, Bishkek, Kyrgyz Republic
(kurmanbekuulu@mail.ru)

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО МОСТА НА
ПОДЪЕЗДНОМ ПУТИ ТАШ КУМЫР – ШАХТЫ, КМ 0+925**

**TECHNICAL EXPERTISE OF THE RAILWAY BRIDGE
ACCESS ROUTE TASH KUMYR - MINES, KM 0 + 925**

Бул макалада «Кыргызтемиржолу» «Мостоотряд» МИ менен түзүлгөн келишимдин негизинде Кыргыз мамлекеттик курулуш, транспорт жана архитектура университетинин адистери тарабынан аткарылган Таш Көмүр - Шахты 0+925 км темир жолунда жайгашкан көпүрөнү текшерүүсү жана сыноосу каралган.

Өзөк сөздөр: *темир жол көпүрө, темир жол транспорт, техникалык акыбал, статикалык мүнөздөмө, статикалык текшерүү, динамикалык текшерүү, толкун кабылдагыч, динамикалык коэффициент.*

В данной статье рассматривается обследование и испытание железнодорожного моста на подрезном пути Таш кумыр - Шахты 0+925, произведенные специалистами Кыргызского государственного университета строительства транспорта и архитектуры (КГУСТА) на основании договора с «Мостоотряд» ГП «НК «Кыргызтемиржолу».

Ключевые слова: *железнодорожный мост, железнодорожный транспорт, техническое состояние, статические характеристики, статическое испытание, динамическое испытание, сейсмоприемник, динамический коэффициент.*

This article examines the survey and testing of the railway bridge on the undercut track Tash Kumyr - Shakhty 0 + 925, made by specialists of the Kyrgyz State University of Transport and Architecture Construction (KGUSTA) on the basis of an agreement with the Mostootryad of the State Enterprise NK Kyrgyztemirzholu.

Key words: *railway bridge, railway transport, technical condition, static characteristics, static test, dynamic test, seismic receiver, dynamic coefficient.*

Обследование и испытание железнодорожного моста, на перегоне Таш-Кумыр Шахты, подъездной путь, км 0+925 произведены на основании договора № 93 от 01.10.16 г. с «Мостоотряд» ГП «НК «Кыргыз темир жолу» специалистами Кыргызского государственного университета строительства транспорта и архитектуры (КГУСТА).

Мост расположен поверху над сухим руслом предназначенного для пропуска селевых потоков, обеспечивает работу железнодорожного транспорта. Верхнее строение железнодорожного пути на мосту – однопутный, балластный на деревянных шпалах на железобетонных пролетах и безбалластный на металлическом пролете.



Цель обследования и испытания – оценка технического состояния мостовых конструкций, в оценке их соответствия требованиям нормативной документации и техническое заключение с выводами и предложениями по дальнейшей эксплуатации моста.

Для достижения вышеуказанной цели, решались такие задачи как: изучение и анализ технической документации на сооружение; обмерные работы - выявление действительных размеров конструкции моста; осмотр видимых частей сооружения конструкций с выявлением дефектов; определение статистических характеристик моста; определение динамических характеристик сооружения; составление технического заключения и выводы о состоянии строительных конструкций моста для разработки мероприятий по осмотру, текущему и капитальному ремонту и рекомендации по дальнейшей эксплуатации моста.

Техническая экспертиза моста выполнялась в соответствии с требованиями пунктов СНиПЗ.06.07-86 /1/ и СНиПы /2, 3/.

Мост трех - пролетный, крайние пролетные строения выполнены из железобетона, а средний пролет – металлический, длина моста 62,25 м (см. рис.1, 2.).



Рис. 1. Общий вид моста



Рис. 2. Промежуточные опоры моста

Береговые пролеты длиной 16,50 м - балки таврового сечения выполнены из железобетона.

Промежуточное пролетное строение длиной 27,4 м – металлические двутавровые балки с продольными и поперечными связями.

Габарит моста – 4,9 м с двумя служебными проходами шириной по 0,5 м.

Фундаменты опор монолитные на естественном основании. Тело опор монолитное, железобетонное.

Конструктивное описание моста. Пролетное строение моста – железобетонные разрезные балки для крайних пролетов, металлические для среднего пролета. Схема железнодорожного моста 16,50+27,4+16,5. Пролетные строения моста из Т- образных балок по 2 шт. в каждом пролете. Промежуточное пролетное строение из металлических двутавровых профилей. Опоры железобетонные, опорные части тангенциальные подвижные и неподвижные.

Район, где располагается сооружение, относят к сейсмически опасному району и сейсмостойкость района составляет 9 баллов. По сейсмическим свойствам грунт II технической категории /4/. Данное сооружение введен в эксплуатацию в 1930 г. Высота металлических перильных ограждений составляет 1,25 м. Путь моста однопутный на крайних пролетах балластный, на среднем пролете без балласта на металлической балке. Ширина пути на крайних пролетах 4,9 метров, на среднем пролете 4,95 метров /4/.

Пролетные строения. Пролетные строения моста состоят из 2-х главных балок таврового сечения. Балки работают на пролете совместно, так как они объединены поперечными балками. На балках пролетного строения наблюдаются выщелачивание и коррозия бетона, в связи с этим имеются оголения арматуры в отдельных местах.



Локально обнаружены вертикальные и наклонные микротрещины. Нарушены гидроизоляционные слои пролетного строения, из-за которых происходит просачивание воды через сводов. Наблюдается неорганизованный водоотвод с пролетного строения моста.

При проведении технической экспертизы, для изучения дефектов применяется метод неразрушающего контроля. Из-за разрушенной гидроизоляции и отсутствия вышеуказанного организованного водоотвода, под мостом локально наблюдаются выщелачивание и коррозия бетона.

Железнодорожный путь, балласт, деревянные шпалы, перильные ограждения, железобетонные плиты служебного прохода, на момент обследования находятся в неудовлетворительном состоянии, для безопасной эксплуатации сооружения. Расположенные на железнодорожном мосту водоотводные трубы в плохом состоянии из-за большого периода эксплуатации и не своевременного технического обслуживания, во многих местах заполнены грязью. Водоотвод производится неорганизованно, образующиеся поверхностная вода по мостовому полотну, затекает на конструкции балок и опор (см. рис. 3).



Рис. 3. Коррозия бетона железобетонных балок и оголение арматур в плитах балок

Опоры. Все опоры интенсивно подвержены коррозии. Молотком Кашкарова определялся класс бетона опор, который равен В 20. В общем, состояние береговых опор удовлетворительное. В опорах и пролетных строениях моста наблюдаются трещины, как вертикальные, так и наклонные. Этому поспособствовали переменное замерзание и оттаивание влаги, также под воздействием динамической нагрузки от подвижного состава.

Промежуточные опоры в удовлетворительном состоянии. Класс бетона по прочности В20.



Рис. 4. Определение класса бетона по прочности

Статическое испытание моста. Статическое испытание осуществлялось для измерения прогибов и масштаб раскрытия трещины в балках пролетного строения, для фиксации которых применяли нивелир и микроскоп, соответственно. Для установления прогибов балок осуществлялось нивелирование балок моста до, во время и после снятия загрузки.

Учитывались 3 способа загрузки испытательной нагрузкой: загрузка одним локомотивом; загрузка локомотивом и 1 грузенным вагоном; загрузка локомотивом и 2 грузенными вагонами.

По испытательной нагрузке определены расчетные моменты в середине пролета для каждой балки по линии влияния.

$$\dot{I}_{\delta} = \dot{I}_{p_i} + \dot{I}_q = \sum p_i \cdot y_i + q \cdot \omega, \quad (1)$$

где p_i - осевые нагрузки вагона на 1 балку (т); y_i - ординаты линии влияния момента в середине пролета; q - расчетная постоянная нагрузка (т/м); ω - площадь линии влияния момента (m^2); \dot{I}_{p_i} - момент от сил p_i ; \dot{I}_q - момент от постоянных нагрузок q . В нашем случае $p_1 = \frac{21}{2} \cdot 1,1 = 11,55m$ от локомотива, $p_2 = \frac{22,5}{2} \cdot 1,1 = 12,375m$ от грузеного вагона.

По формуле (1) определены максимальные моменты для каждого пролета с учетом коэффициента поперечной установки, а это значит - для одной балки.

Для первого и третьего пролетов с расчетным пролетом длиной 15,54 м $M_{\max} = 215,9m \cdot m$.

Для среднего пролета расчетной длиной 26,40м. $M_{\max} = 373,8m \cdot m$.

Самые большие изгибающие моменты балок не превышает максимальных изгибающих моментов по расчетной нагрузке СНиП 2.05.03-84 /2/.

На рисунке 5 показан загрузка моста подвижным составом.



Рис.5. Загрузки моста подвижным составом

В момент загрузки рассчитаны прогибы балок в середине пролета для каждого пролета. На табл.1 показаны прогибы балок от испытательных нагрузок, обработанные в результате измерения нивелиром.

Таблица 1 - Прогибы балок от испытательных нагрузок

№ загрузки	Прогибы в середине пролетов f (мм)			Вертикальные перемещения опор (мм)			
	1 пролет	2 пролет	3 пролет	опора 1	опора 2	опора 3	опора 4
1.	4,1	14,0	3,1	0,2	0,4	0,5	0,3
2.	0,0	2,1	4,2	0,0	0,0	0,5	0,2
3.	0,0	2,1	0	0,0	1,4	0,7	0,0

Из таблицы заметно, что самое большое вертикальное смещение опор при 3-ем загрузении составляет 0,20 до 1,70 мм. Это трактуется о том, что фундаменты опор моста подпираются на прочные грунты. После выполнения испытания исполнили нивелировку по оси сооружения. Остаточные смещения опор и прогибы балок фактически не наблюдались (превышение было 0,5-1 мм в пределах точности нивелира).

По СНиП 2.05.03-84 Мосты и трубы - допустимые прогибы для пролета 16,50м будет $[f] = 41,25 \text{ мм}$, а для пролета 27,40 м – $68,5 \text{ мм} / 2$.

Отсюда следует, что пролетные строения в хорошем состоянии по жесткости $f < [f]$ и удовлетворяет по второму предельному состоянию.

Динамическое испытание моста. Целью динамических испытаний являются:

- выявление величин динамических воздействий, создаваемых реальными подвижными нагрузками;
- определение основных динамических характеристик сооружения, в частности, частот и форм собственных колебаний, динамической жесткости сооружения, характеристик затуханий колебаний.

Примененные приборы и датчики в комплексе осуществляют запись динамических колебания балочного пролетного строения моста, очагом колебания использован подвижной состав: локомотив и груженные вагоны.



Рис.6. Установка сейсмоприемников на пролетные строения (СМ-3 и СМВ 30S)

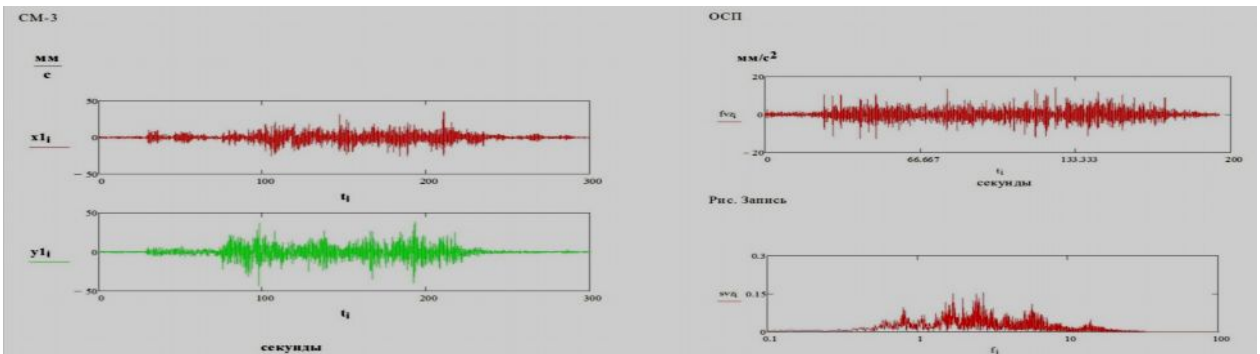


Рис.7. Записи сейсмоприемников при динамических испытаниях

По этим записям были определены периоды свободного колебания или частоты и динамический коэффициент пролетных строений моста. Вышеуказанные динамические параметры моста используются при расчете сооружения на динамические нагрузки.

Сейсмодатчики зафиксированы на середине пролета. При движении подвижного состава с разной скоростью от 10 до 20 км/ч записывались колебания пролетного строения на середине каждого пролета. По записям регистрации найдены динамические параметры пролетных строений балочного моста. f_{0_1} – частота свободного колебания пролетного строения длиной 16,50 м; f_{0_2} – частота свободного колебания пролетного строения длиной 27,40 м; f – частоты вынужденных колебаний пролетного строения от подвижного состава и динамический коэффициент пролетного строения.

Данные изложенные в таблице показали, что вынужденные колебания пролетного строения от подвижного состава f колеблется от 1,60 до 7,43 Гц в зависимости от заданной скорости движения подвижного состава. Собственная частота для пролета 16,50 $f_{0_1} = 4,51$ Гц, а для пролета 27,40 $f_{0_2} = 2,41$ Гц

Динамический коэффициент по [2] для разрезных железобетонных пролетов железнодорожного моста определяется по формуле

$$1 + \mu = 1 + \frac{10}{20 + l}, \text{ где } l - \text{длина пролета.}$$

Предельно допустимые нормативные значения $1 + \mu_1 = 1 + \frac{10}{20 + 16,50} = 1,82$, по данным показателям испытаний получено $1 + \mu_1 = 1,92$ что больше, чем по нормативным значениям.



Для металлического пролета динамический коэффициент определяется по формуле $1 + \mu_2 = 1 + \frac{18}{30 + l}$; тогда для 27,40 $1 + \mu_2 = 1 + \frac{18}{30 + 27,40} = 1,31$; а по данным показателям испытаний; $1 + \mu_2 = 1,34$, что больше, чем по нормативного значения.

Оценка работы пролетного строения моста по результатам динамических испытаний полученных расчетным путем и по нормативным значениям показали, что пролетные строения чувствительны к динамическим нагрузкам.

Выводы и заключения:

1. В крайних железобетонных пролетах имеющиеся дефекты - вертикальные и наклонные трещины, оголение арматуры в плите и оголение арматур в ребре балки могут привести дальнейшему естественному разрушению.

2. В металлической балке промежуточного пролетного строения наблюдается разрушение окраски и коррозия металла, что в последствии сказывается на разрушение пролетного строения в целом.

3. На промежуточных опорах в подферменных плитах, имеются частичные разрушения как результат попадание воды и влаги. От переменного замерзания, оттаивания и под действием динамической нагрузки происходят разрушения.

4. Неудовлетворительное состояние деформационных швов во всех пролетах отрицательно влияет на состояние опор моста и не обеспечивает защиту от воздействия осадков и динамических воздействий.

5. Нарушенная гидроизоляция пролетного строения, засорение и как следствие неорганизованный водоотвод осадков, приводят к коррозии бетона и металла, а значить дальнейшему разрушению конструкций моста.

6. Наблюдается разрушение бетона и оголение арматур в плите крайних балок.

7. В целом система водоотводных труб в плохом состоянии и не выполняют свою функцию.

8. Несвоевременное выполнение профилактических ремонтно-строительных работ привели к разрушению тротуарных плит и перильных ограждений.

9. Происходит отслаивание металлических консолей под тротуарными плитами.

10. Пролетные строения моста чувствительны к динамическим нагрузкам и по динамическим коэффициентам не соответствует по норме СНиП 2.05.03-84

Рекомендации. Для дальнейшей безопасной эксплуатации моста и временной продолжительности срока службы моста на перегоне Таш-Кумыр Шахты, подъездной путь, км 0+925, рекомендуется следующее:

1. Провести работы по зачистке оголенных арматуры с дальнейшей изоляцией по всему мосту.

2. Установить металлические листы (деформационные швы) на стыках пролетного строения.

3. Заделать трещины и оголенные арматуры в балках пролетного строения и опорах моста.

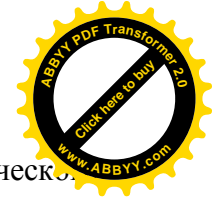
4. Сменить балластный слой фракцией в соответствии с ГОСТ, с заменой шпал, а также восстановить гидроизоляцию пролетного строения.

5. Привести в соответствие конструкцию деформационных швов над опорами. Обеспечить сток воды водоотводными трубами.

6. Восстановить разрушенные железобетонные плиты балок, и заменить шпалы и балластный слой в крайних пролетах.

7. Восстановить защитный бетонный слой во всех поврежденных конструкциях моста.

8. Провести ремонт перильного ограждения по всему мосту и служебных проходов под металлической балкой.



9. Провести работы по зачистке элементов конструкций металлического пролетного строения в целом от грязи и ржавчин и после этого покрыть новым слоем специальной краской для металла.

10. Провести дефектоскопическое обследование во всех узлах, креплениях и деталях элементов металлического пролетного строения.

11. Привести в соответствие и строго руководствоваться нормативно-технической документацией по эксплуатации и обслуживанию железнодорожных мостов.

12. Мост эксплуатируется около 90 лет, пролетные строения чувствительны к динамическим нагрузкам, поэтому безопасная эксплуатация не обеспечивается.

Рекомендуется рассмотреть возможность строительства нового железнодорожного моста. При этом решить строительство отдельного пешеходного моста.

Список литературы

1. СНиП 3.06.07-86. Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200095530>

2. СНиП 2.05.03-84*. Мосты и трубы [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200000252>

3. СНиП 2.03.01- 84*. Бетонные и железобетонные конструкции [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/871001190>

4. СНиП КР 20-02:2018. Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.giss.kg/files/SN09.pdf>

5. Апсеметов, М. Ч. Испытание моста через реку Нарын на 318км автодороги Бишкек -

Ош для перевозки сверхнормативного груза [Текст] / М. Ч. Апсеметов, Н. Курманбек уулу и др. // Вестник КГУСТА. - Бишкек: 2015. - №3(49). - С. 28-34.