



**КУРМАНБЕК УУЛУ Н., САТКЫНАЛИЕВ К.Т., СЕЗИМБЕКОВ Э.,
ЫСМАНОВ У.М.**

¹КГУСТА им. Н.Исанова Бишкек, Кыргызская Республика

KURMANBEK UULU N., SATKYNALIEV K.T., SEZIMBEKOV E., ISMANOV U.M.

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

**КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ, ПРИНЯТЫЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ
МОСТА ЧЕРЕЗ РЕКУ ИТАГАР НА 482км АВТОДОРОГИ БИШКЕК - КЕРБЕН**

**CONSTRUCTIVE DECISIONS MADE DURING THE DESIGN OF THE BRIDGE
OVER THE RIVER ITAGAR ON THE 482km HIGHWAY BISHKEK - KERBEN**

Бул макалада устундуу көпүрөлөрдү борпоң топурактардагы тайыз жайгашкан пайдубалдарын жасалма негиздин жардамы менен долбоорлоо каралган.

***Өзөк сөздөр:** пайдубал, устундуу көпүрө, топурак, жер титирөө, сейсмика, сейсмоэкран, сейсмикалык толкундар.*

В данной статье рассматривается проектирование балочного моста фундаментом мелкого заложения на слабых грунтах с применением искусственного основания.

***Ключевые слова:** фундамент, балочный мост, грунт, землетрясение, сейсмика, сейсмоэкран, сейсмические волны, искусственное основание, слабый грунт.*

This article discusses the design of a beam bridge with a shallow foundation on soft soils using an artificial foundation.

***Key words:** foundation, girder bridge, soil, earthquake, seismic, seismic screen, seismic waves, artificial foundation, weak soil.*

Исходные данные. Проект моста через р. Итагар в селе Авлетим участок Атантай, Аксыйского района Жалал-Абадской области составлен специалистами кафедры «Автомобильные и железные дороги, мосты и тоннели» на основании технического задания ДКСПЛЧС МЧС КР, по материалам изысканий выполненных отделом инженерных изысканий в марте 2018г.

При проектировании моста в соответствии с действующими нормами принято:

1. Габарит моста Г-4,5+2х1,0 /1, 2/;
2. Нормативные временные вертикальные нагрузки приняты А-8, НГ-60 /1/.

Мост запроектирован в соответствии со следующими строительными нормами и техническими условиями:

1. СНиП 2.05.03-84* «Мосты и трубы»;
2. СНиП КР 32-01:2004 «Проектирование автомобильных дорог»;
3. СНиП 2.03.01-84 «Бетонные и железобетонные конструкции»;
4. СНиП 2.02.01-83* «Основания зданий и сооружений»;
5. СНиН 20:02:2009 «Сейсмостойкое строительство».

Природные и инженерно-геологические условия района строительства. По данным Ошского филиала проектного института "Киргизгипрозем" грунты просадочные:



1. Наименование грунта - суглинок с гравием 5-7% до 13-14м в глубину, упирается на галечниковый грунт средней плотности;
2. Природная влажность - 40%;
3. Уровень грунтовых вод - ниже 15 метров;
4. Пористость грунта - 72,4;
5. Группа разработки (категория) - III;
6. Сейсмичность района - 9 баллов.

Инженерно-геологические условия участка неблагоприятны для фундаментов мелкого заложения. В геолого-литологическом отношении участок мостового перехода сложен суглинок с включением единичных валунок мощностью до 13-14м. В глубине более 14 метров галечники с песчаным заполнением до 10%.

Гидрологическая характеристика реки. Исследуемый источник река «Итагар» собирает свои воды из юго-восточного склона Чаткальского хребта, на абсолютной отметке более 3200 м. Основными составляющими источника в истоке являются р.р. Артыш, Иртыш, Чимгет, Итгизар, Бабаата-Сай. Общая длина водотока 40км. Притоки длиной менее 10 км в количестве 43, общая длина 108км. На таблице 1 представлена гидрологическая характеристика реки Итагар. На таблице 2 показаны внутригодовое распределение стока воды реки Итагар.

Таблица 1 – Гидрологическая характеристика реки Итагар

Площадь водосбора, км ²	Длина водотока, км	Средневзв. Высота бассейна, км	МАХ-й расход воды, м ³ /сек	МАХ-й диаметр руслового отложения, мм	Ширина поймы, м	Средний годовоый расход воды 50% Р м ³ /сек	Модуль стока, л/сек с км ²	Густота речной сети, км/км ²
394,0	40,0	2,74	23,8	500,0	50-100	3,74	8,9	0,38

Таблица 2 - Внутригодовое распределение стока воды р. Итагар помесячно в различной процентной обеспеченности (в м²/сек)

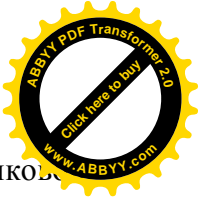
Водность	III	IV	V	VI	VII	VII I	IX	X	XI	XII	I	II	Ср.год
Q _{50%P}	2,6	5,3	7,0	7,9	5,4	3,2	2,5	2,4	2,3	2,2	1,9	1,9	3,72
Q _{60%P}	2,4	4,8	6,4	7,2	4,9	3,0	2,3	2,2	2,1	2,0	1,7	1,8	3,4
Q _{75%P}	2,1	4,2	5,5	6,2	4,3	2,6	1,9	1,9	1,8	1,7	1,5	1,5	2,93
Q _{85%P}	1,8	3,6	4,8	5,4	3,7	2,2	1,7	1,7	1,6	1,5	1,3	1,4	2,56
Q _{90%P}	1,6	3,3	4,4	5,0	3,4	2,0	1,6	1,5	1,5	1,4	1,2	1,2	2,34

На таблице 3 представлены максимальные расходы воды реки Итагар.

Таблица 3 - Максимальные расходы воды р. Итагар в различной процентной обеспеченности (в м³/сек)

F площадь водосбора, км ²	L длина водотока, км	Cv	A _{1%}	Максимальные расходы воды в различной процентной обеспеченности (м ³ /сек)							
				с твердым составляющим							
				Q _{0.1% P}	Q _{1% P}	Q _{5% P}	Q _{10% P}	Q _{0.1% P}	Q _{1% P}	Q _{5% P}	Q _{10% P}
394,0	40,0	0,42	0,016	67,8	52,6	41,4	36,4	74,5	58,0	45,5	40,0

Общая площадь водосбора реки равна 394км². Река является правым притоком реки Афлатун. Тип питания реки снегово-ледниковый, с грунтовым подпитыванием. В истоке и



середине реки имеются многочисленные родники. Доля стока от таяния льда с языков льда в этой части незначительное.

Средняя дата прохождения паводка приходится начало на месяц-апрель, максимум-июнь и конец-июль месяца.

Модуль стока реки $M_0 = (3,5 \text{ м}^3/\text{с} * 1000) / 394 = 8,5 \text{ л/сек с км}^2$.

Средний многолетний годовой расход воды равен $0,38 \text{ км}^3/\text{км}^2$.

Средняя глубина долины - 980м.

Средний продольный уклон долины - 0,115.

Средняя мутность реки по г/посту с. Афлатун - 1100 г/м^3 .

Минерализация воды в половодье - 200-270мг/л.

Межень – 320-400мг/л.

Расчет отверстия моста. Необходимая площадь отверстия под мостом определяется по формуле:

$$W_{\text{необх.}} = \frac{Q\%}{\mu(1-\beta)v} \quad (1)$$

где, $Q\%$ - максимальные расходы воды реки в различной процентной обеспеченности (в $\text{м}^3/\text{сек}$);

μ – коэффициент сжатия потока опорами (определяется по таблице Болдакова);

β - коэффициент стеснения потока;

v - расчетная скорость течения воды в реке /3/.

$$\beta = \frac{b}{l} \quad (2)$$

где, b - ширина опоры;

l – расстояние между осями опор.

Подставляя соответствующие значения в формулу (1) находим необходимое живое сечение воды:

$$W_{\text{необх.}} = \frac{45,5 \text{ м}^3/\text{сек}}{0,98(1-0,04) 1,1 \text{ м/сек}} = 44,17 \text{ м}^2 \quad (3)$$

Набранная площадь под мостом:

$$W_{\text{набр.}} = 42,5 \text{ м}^2 \quad (\text{при длине } 17 \text{ м и высоте } 2,5 \text{ м}). \quad (4)$$

Находим коэффициент размыва по следующей формуле:

$$K_{\text{разм.}} = \frac{W_{\text{необх.}}}{W_{\text{набр.}}} = \frac{44,17 \text{ м}^2}{42,5 \text{ м}^2} = 1,04 \quad (5)$$

Расход воды на 1пм без учета размыва определяется по формуле:

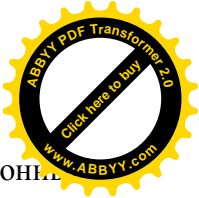
$$q = \frac{Q\%}{Z} = \frac{45,5 \text{ м}^3/\text{сек}}{17} = 2,68 \text{ м}^3/\text{сек} \quad (6)$$

где, Z - длина по зеркалу воды РГВВ по зеркалу воды живого сечения.

Допускаемый максимальный коэффициент общего размыва принимается по СН-200 для $q = 2,68 \text{ м}^3/\text{сек} \approx 2,1$. В нашем случае $K_{\text{разм.}} = 1,04$ т.е. не превышает допустимое значение для данного расхода.

Конструктивные решения. Фундаменты опоры моста монолитные, массивные бетонные класса В25, морозостойкость F-300 и опираются на искусственное основание. Основанием служит гравийный грунт с песчано-суглинистым заполнителем, мощностью до 2 метров. Тело опоры из бетона класса – В25, морозостойкость F-300, с арматурными сетками АШ10 и АШ12 ГОСТ 5781-82. Для сооружения фундаментов и опор моста используется гидротехнический бетон. Глубина заложения фундаментов принята 2,5м.

Насадки из монолитного железобетона класса В30, морозостойкость F-300. Шкафные стенки опор из монолитного железобетона класса В30, морозостойкость F-300 объединяются с насадками при помощи арматурных выпусков из насадок.



Над подферменными плитами предусмотрены монолитные железобетонные подферменники и сейсмоупоры. Связь между ними осуществляются с помощью анкеров заранее предусмотренных в подферменных плитах.

Над подферменниками устанавливаются резино-металлические опорные части. Части опор засыпаемых грунтом и каменными набросками обмазываются битумом за 2 раза.

Пролетное строение состоит из типовых тавровых балок длиной 18м, заводского изготовления. В поперечном сечении пролетное строение моста состоит из 4-х железобетонных тавровых балок по типовому проекту 3,503,1-73 «Пролетные строения без диафрагм длиной 12, 15 и 18м из железобетонных балок таврового сечения с не напрягаемой арматурой автодорожных мостов». Расстояния между продольными осями балок 1700мм, высота балок 1050мм. Балки объединяются между собой в уровне плиты проезжей части монолитным бетоном класса В35, создавая при этом устойчивую П-образную конструкцию с консолями по краям. На крайних балках проектом предусмотрено закладные детали, к которым в последствии будут крепятся металлические бордюрные и перильные ограждения. Консоли пролетного строения из монолитного железобетона класса В35. Поперечный уклон на мосту создается за счет покрытия из монолитного бетона.

Поверх балок пролетного строения устраивается:

- выравнивающий (подготовительный) слой бетона класса В30, F-300 толщиной 30мм;
- гидроизоляции толщиной 10мм («Техноэластмост»);
- для защиты гидроизоляции от повреждения предусматривается устройство защитного слоя из монолитного бетона класса В30, F-300 толщиной 80мм, с арматурными сетками А-I-8 ГОСТ 5781-82 L=6700 и А-II-12 ГОСТ 5781-82 L=19900 с шагом 200мм, который одновременно служит дорожным покрытием.

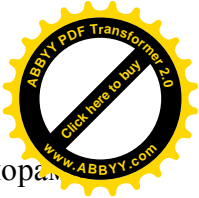
При возведении фундаментов и опор моста существующее габионовое укрепление русла (длиной до 10м) реки демонтируется на смежных участках. После строительства фундаментов и опор габионовые укрепления восстанавливаются.

Габионы заполняют природным камнем, обычно щебнем (но допустимы и галька, и небольшие валуны). При этом камни должны быть крупнее ячеек сетки. Как правило, фракция щебня —70-150 мм. Каменный материал должен обладать высокой плотностью, надежностью, морозостойкостью, в особенности в габионных сооружениях, подверженных динамическому воздействию воды. Габионы – коробчатые, параметрами 2х1х1(м) ГОСТ 427-75. Дно русла реки, где предусмотрены восстановление габионов, укрепляется шириной 1м.

После заполнения емкостей каменным материалом (до 80-90 % всего объема работ по сборке габионных конструкций осуществляется вручную) образуется строительный элемент — габион с пористостью 30-40 %. С течением времени свободный объем пор замещается частицами грунта, через несколько лет происходит полная консолидация габионного сооружения, после чего оно приобретает максимальную устойчивость и может служить неограниченное время.

Сопряжения моста с насыпью полузаглубленного типа из сборных железобетонных плит принято по типовому серии 3.503.18-96, всего на мост укладываются 10 плит.

Переходные плиты П600.98.30-ТАIII толщиной 300мм сборные железобетонные, с устройством на монтаже монолитного участка $b=1,0$ м. Переходные плиты упираются одним концом на уступ шкафной стенки и фиксируются анкерами, другим – на подушку фракционированного щебня, торцы плит и швы между плитами объединяются бетоном класса В30 F300 W6. Под основание плит устраивается щебеночно-песчаный материал $h=300$ мм, которое должно тщательно уплотняться.



При устройстве сопряжения дренирующий грунт конусов и засыпка за опорой должен отсыпаться послойно с тщательным уплотнением ($K_{упл} \leq 0,98$). Толщина слоев уплотнения 0,25м. Поверхность переходных плит покрываются битумом за 2 раза.

На период строительства моста автомобильный транспорт будет временно объезжать через другую автомобильную дорогу между селами Авлетим и Атантай на удалении 2,5км от места строительства.

Применение конструктивного решения фундамента мелкого заложения на искусственных основаниях привело к снижению сметной стоимости объекта на 15-20% по сравнению с дорогостоящими свайными фундаментами. Также снижает расчетную сейсмическую нагрузку в среднем 2 раза [4].

На рис.1 показано возведение искусственного основания под фундамент моста.



Рис.1. Возведение искусственного основания:

а) разгрузка гравийно-песчаной смеси; б) послойное уплотнение основания пневмотрамбовкой.

На рис.2. показаны конструкция фундамента с основанием и расчетная схема.

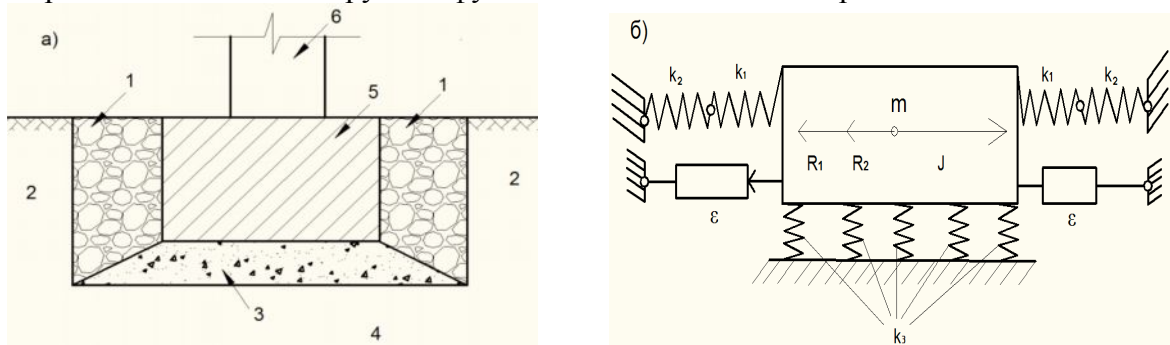


Рис. 2. Конструкция фундамента с основанием и расчетная схема

а) Конструкция фундамента и основания;

б) Расчетная схема модели «грунт – фундамент с опорой» сосредоточенной массой m ;
 1 – слабый или рыхлый грунт; 2 – галечниковый грунт; 3 – гравийно – песчаный грунт (с подстилающим слоем);

4 – основания фундамента; 5 – фундамент с массой; 6 – опора балочного моста;
 k_1 ; k_2 – коэффициенты жесткостей слабого и галечникового грунтов, определяемые через коэффициенты постели.

ϵ – коэффициент затухание грунтов; k_3 – приведенный коэффициент жесткости подстилающего слоя основания.

Список литературы

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



2. СНиП КР 32-01:2004 «Проектирование автомобильных дорог» [Электронный ресурс] Режим доступа: http://continent-online.com/Document/?doc_id=30920815
3. Болдаков Е.В. Переходы через водотоки [Текст] / Е.В.Болдаков. – Москва: Дориздат, 1949. - 324с.
4. Курманбек уулу Н. Применение местных грунтов в качестве сейсмоизолирующего материала для фундаментов мостов, расположенных в сейсмически активных районах [Текст] / Н. Курманбек уулу, Р. Омурбек уулу, и др.// Сборник научных трудов КГУСТА им. Н.Исанова. – Бишкек, 2019 – Том 3. – С. 103-106.