

*Е. П. Чайко<sup>1,2\*</sup>, Н. Н. Кобелева<sup>1</sup>*

## **Проектирование железобетонного моста через реку Иртыш для учета транспортных потребностей и развития городской инфраструктуры г. Семей**

<sup>1</sup>Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация

<sup>2</sup>Коммунальное государственное казенное предприятие «Высший колледж геодезии и картографии» управления образования области Абай г. Семей, Республика Казахстан

\* e-mail: kati-90-13@mail.ru

**Аннотация.** В мире инженерного строительства мосты играют ключевую роль, обеспечивая связь между различными территориями, облегчая передвижение и способствуя экономическому развитию страны. Автогужевой мост в городе Семей через реку Иртыш находится в аварийных условиях. По результатам экспертизы о состоянии моста, было принято решение о строительстве нового мостового перехода. Создание проекта железобетонного однопутного моста началось ещё летом в 2022 году. Один из важнейших аспектов при создании мостов - это выбор материалов и проектирование разных вариантов мостовых переходов, которые обеспечат прочность, долговечность и безопасность конструкции. В данной статье представлены результаты гидрографических и гидрологических характеристик реки Иртыш. Рассмотрено вариантное проектирование железнодорожного железобетонного моста балочной системы. Из трёх предложенных вариантов был выбран третий проект мостового перехода с тремя арочными пролётными строениями, как наиболее рациональный по техническим и экономическим показателям.

**Ключевые слова:** мостовой переход, река Иртыш, вариантное проектирование, железобетонный мост балочной системы, предварительное проектирование

*E. P. Chaiko<sup>1,2\*</sup>, N. N. Kobeleva<sup>1</sup>*

## **Design of a reinforced concrete bridge across the Irtysh River to take into account transport needs and the development of urban infrastructure in Semey**

<sup>1</sup>Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

<sup>2</sup>Communal state-owned enterprise "Higher College of Geodesy and Cartography" of the Department of Education of the Abai region, Semey, Republic of Kazakhstan

\* e-mail: kati-90-13@mail.ru

**Abstract.** In the world of civil engineering, bridges play a key role in providing connectivity between different areas, facilitating movement and contributing to the economic development of a country. The auto-drawn bridge in the city of Semey across the Irtysh River is in emergency conditions. Based on the results of the examination of the condition of the bridge, a decision was made to build a new bridge crossing. The creation of the reinforced concrete single-track bridge project began in the summer of 2022. One of the most important aspects when creating bridges is the selection of materials and the design of different bridge crossing options that will ensure the strength, durability and safety of the structure. This article presents the results of the hydrographic and hydrological characteristics of

the Irtysh River. A variant design of a railway reinforced concrete bridge of a beam system is considered. Of the three proposed options, the third project of a bridge crossing with three arched spans was chosen as the most rational in terms of technical and economic indicators.

**Keywords:** bridge crossing, Irtysh River, alternative design, reinforced concrete beam system bridge, preliminary design

### *Введение*

Развитие транспортной инфраструктуры и строительство мостов в Казахстане, особенно через крупные реки, всегда играло важную роль в содействии экономическому и социальному развитию страны. Река Иртыш является одной из крупнейших рек в Казахстане и важной составной частью его водной системы. Она протекает в северной части Казахстана и имеет протяженность около 1 698 километров. Река является одним из крупнейших притоков реки Обь и имеет большое экономическое значение для Казахстана. Иртыш используется для водоснабжения, сельского хозяйства, рыболовства и транспорта. Береговые города используют реку для транспортировки грузов и пассажиров, а также для генерации электроэнергии ГЭС.

В данном контексте, проектирование и строительство новых мостов через реку Иртыш становятся стратегически важными задачами для обеспечения связности и устойчивости транспортной системы Республики Казахстан.

Автогужевой мост в городе Семей через реку Иртыш был построен в 1964 году, почти 60 лет назад и в данный момент находится в аварийном состоянии. По результатам экспертизы он не подходит для капитального ремонта, а подвесной мост требует капитальной реконструкции. В связи с этим, было принято решение о строительстве нового моста. Создание проекта железобетонного однопутного моста началось ещё летом в 2022 году [1].

Процесс проектирования мостов включает в себя ряд этапов и деталей, которые обеспечивают создание безопасных, надежных и функциональных мостовых конструкций [2–5]. Можно выделить основные этапы, которые входят в процесс проектирования мостов:

- предварительное проектирование – определение целей и требований к мосту; анализ потребности в мосте и его местоположения; оценка различных альтернатив и вариантов мостовой конструкции; определение бюджета и сроков;

- исследование и инженерно-геодезические работы – геодезические изыскания для определения местоположения и характеристик стройплощадки; инженерно-геологические исследования для определения грунтовых и геологических условий; гидрологические изыскания для оценки потока воды и гидродинамических характеристик;

- подготовка проектной документации – создание детальных чертежей мостовой конструкции; расчеты нагрузок, учитывающие транспортные, климатические и другие факторы; определение размеров и формы мостовой плиты или дорожного покрытия;

- экологическое и социокультурное проектирование – оценка воздействия строительства моста на окружающую среду и местное население; разработка мероприятий по минимизации негативного воздействия;
- проектирование смежных инженерных систем – проектирование дорожных или железнодорожных путей, а также инфраструктуры, связанной с мостом (освещение, ограждения, сигнальные системы и др.);
- разработка строительной документации – создание документации для строительства, включая технические спецификации и стандарты; подготовка документов для получения разрешений и согласований;
- строительство – реализация строительного проекта в соответствии с разработанными планами; проведение наблюдения за процессом строительства и контроль за соблюдением стандартов качества и безопасности;
- ввод в эксплуатацию и обслуживание – после завершения строительства мост вводится в эксплуатацию; регулярное обслуживание и техническое обслуживание для обеспечения безопасности и надежности мостовой конструкции.

### *Методы и материалы*

Целью работы авторов является рассмотрение вариантного проектирования железнодорожного железобетонного моста балочной системы через реку Иртыш и выбор лучшего из представленных вариантов.

Река Иртыш представляет собой значительное препятствие для транспортной инфраструктуры и связи между различными регионами. В данном контексте, особенности проектирования железобетонных мостов через реку Иртыш в Казахстане обусловлены как уникальными природными и геологическими условиями реки, так и стремлением обеспечить надежную и безопасную инфраструктуру для перемещения грузов и пассажиров в этом стратегически важном регионе. Эти особенности включают в себя сложности, связанные с гидрографией реки, климатическими условиями, местными экосистемами, а также технологическими аспектами проектирования и строительства мостов, которые должны быть взяты во внимание.

В табл. 1 представлены результаты гидрографических и гидрологических характеристик реки Иртыш [6].

*Таблица 1*

Гидрографические и гидрологические характеристики реки Иртыш

$F, км^2$	$L_1, км$	$L_2, км$	$H, м$	$Q_{cp}, м^3/с$	$\varepsilon_Q, \%$	$C_y$	$\varepsilon_{C_y}, \%$	Период наблюдений	$N$
229000	2643	1605	148	897	1,9	0,19	7,0	1903–1999, 2000–2022	117

где,  $F$  – площадь водосбора;  $L_1$  – расстояние от устья;  $L_2$  – расстояние от истока;  $H$  – средняя высота водосбора;  $Q_{cp}$  – средний многолетний годовой расход воды за период наблюдений;  $\varepsilon_Q$  – относительная стандартная погрешность выборочного среднего расхода воды за весь период наблюдений;  $C_y$  – коэффициент вариации годового стока;  $\varepsilon_{C_y}$  – относительная стандартная погрешность коэффициента вариации годового стока;  $N$  – количество наблюдений.

Наилучшее решение при проектировании мостов находят путем составления и технико-экономического сравнения нескольких вариантов.

В работе представлено три варианта мостового перехода, для каждого из которых выбран тип и количество пролетных строений, их длина и соответствующий им тип опор, вычерчен план моста и эскиз промежуточной опоры.

На этапе расчётов использовались рабочие формулы для вычисления основных конструкций железобетонного моста через реку Иртыш, в результате чего был выполнен сравнительный анализ основных элементов мостового перехода. Для создания проекта мостового перехода опирались на требования, предъявленные в нормативных документах [7–11].

### Результаты

С целью выбора наилучшего решения проекта мостового перехода были изучены заданные местные условия проектирования моста, выбран тип пролетных строений и опор, определено число и величина пролетов модификаций моста, составлен эскиз промежуточной опоры, вычерчены три варианта мостов, определены объемы работ и стоимость каждого из них. На рис. 1 показаны три проектных варианта мостовых переходов.

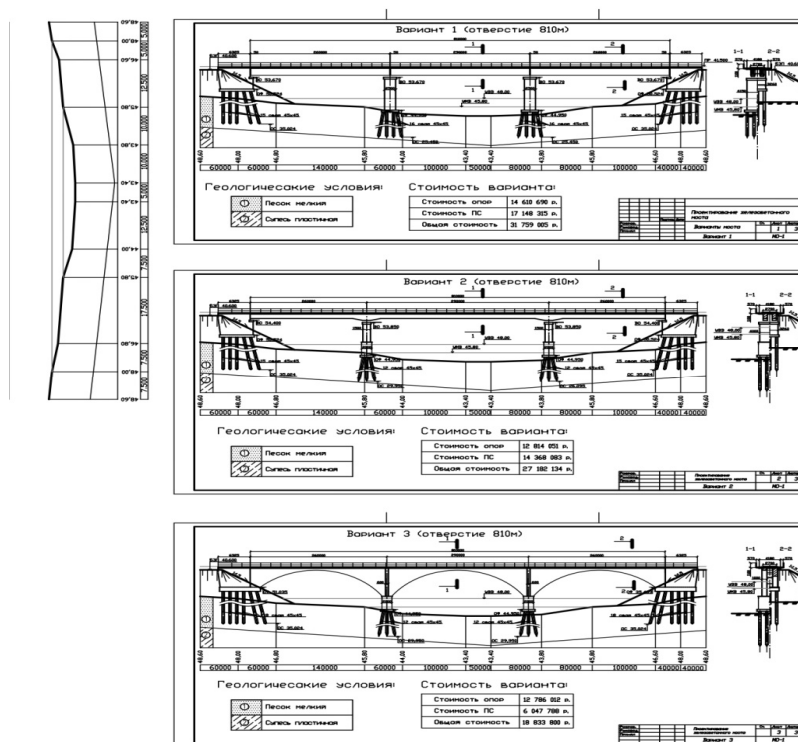


Рис. 1. Варианты проектирования железобетонного моста

Рекомендуемый вариант моста должен иметь минимальную стоимость, наименьшую трудоемкость и продолжительность постройки, а также наилучшие эксплуатационные качества.

По каждому варианту определены схемы производства работ по сооружению моста в соответствии с принятыми конструкциями пролетных строений и опор [6, 8,12].

Сопоставление вариантов по технико-экономическим параметрам представлено в табл.2 [13].

Таблица 2

Технико-экономическое сравнение трёх вариантов мостовых переходов

Показатель	Первый вариант	Второй вариант	Третий вариант
Строительная стоимость.	31,8 млн.р.	27,2 млн.р.	18,8 млн.р.
Расход бетона.	955,3 м <sup>3</sup>	806,5 м <sup>3</sup>	942,5 м <sup>3</sup>
Опоры	4	4	4
Степень индустриализации.	Типовые пролетные строения и опоры.	Индивидуальные, неразрезные, со сплошной стенкой	Индивидуальные, монолитные, арочные.

Из трёх предложенных вариантов был выбран третий проект мостового перехода с тремя арочными пролётными строениями, как наиболее рациональный по техническим и экономическим показателям.

На рис. 2 показана проектная схема третьего варианта мостового перехода.

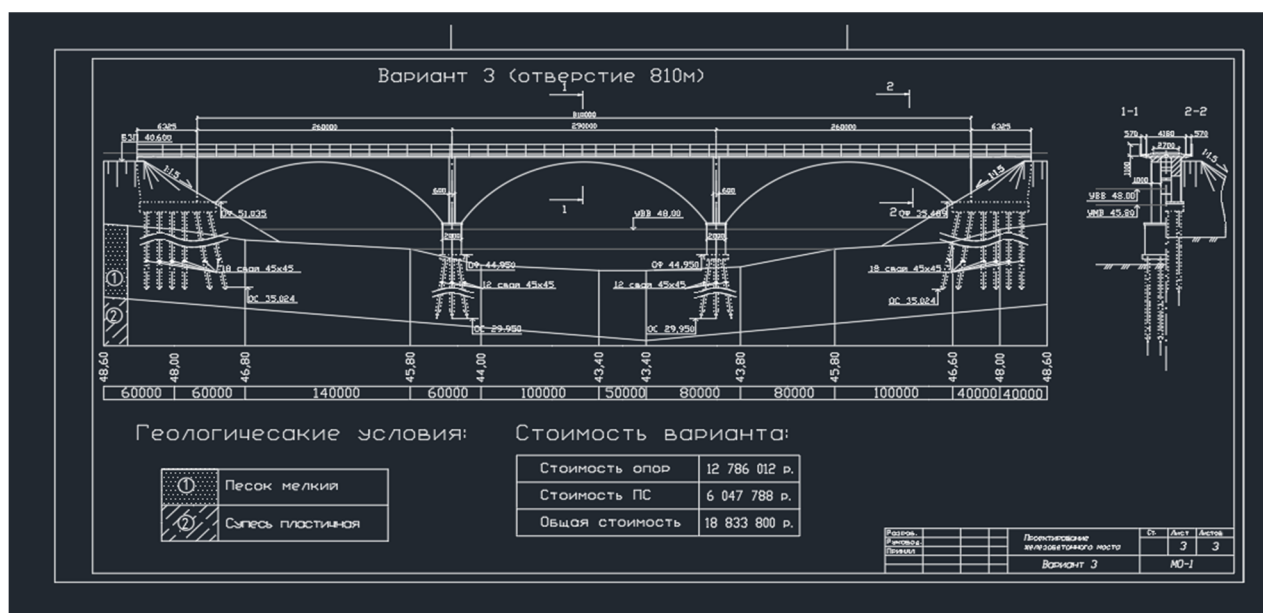


Рис. 2. Проектная схема третьего варианта мостового перехода

Русловая арка имеет длину 290 м, пойменные – по 260 м. Стрела подъема – 48 м. Конструкция моста включает в себя железобетонные строения небольшой высоты. Строительство моста позволит улучшить передвижение транспортных средств через реку Иртыш. Расположение нового железобетонного моста будет находиться рядом с автогужевым мостом. Данное месторасположение выбрано в результате инженерно-геодезических, геологических и других видов изысканий. В таб. 3 представлен отчёт геологических изысканий.

Таблица 3

Отчёт геологических изысканий

№ п.п.	Виды работ	Единица измерения	Объем работ
<b>Полевые работы</b>			
1.	Бурение скважин	скв/м	25
	Всего ударно–канатное бурение диаметром 127 мм	м	13
2.	Испытание грунтов статическим зондированием	опыт	9
3.	Отбор связных грунтов из скважин	монолит	44
4.	Отбор образцов несвязных грунтов из скважин	образец	11
5.	Отбор проб грунтов для определения коррозионной агрессивности	проба	10
6.	Отбор проб грунтовых вод из скважин	проба	4
7.	Испытание грунтов штампами	опыт	7
<b>Камеральные работы</b>			
8.	Комплекс определений физических свойств связных грунтов	опр	41
9.	Природная влажность	опр	48
10.	Комплекс определений физических свойств несвязных грунтов	опр	8
11.	Сдвиговые испытания связных грунтов	опыт	11
12.	Компрессионные испытания связных грунтов	опыт	15
13.	Определение коррозионной агрессивности грунтов к бетону и металлам	опр	7
14.	Химический анализ грунтовых вод, определение коррозионной агрессивности воды к бетону и металлам	анализ	4
15.	Стандартный химический анализ воды	анализ	4

Выбранный вариант проекта и результаты инженерно-геодезических изысканий позволяют экономически выгодно и в кратчайшие сроки произвести стро-

ительство нового железобетонного моста, взамен старой переправы, в котором опоры автогужевого моста оказались в аварийном состоянии.

### *Заключение*

Проектирование железобетонного моста через реку Иртыш представляет собой сложную и многогранную задачу, которая требует глубокого анализа местных географических, гидрологических и климатических особенностей. Учет этих факторов существенно влияет на выбор конструкции и технологии строительства моста.

Технологические инновации и современные методы анализа способствуют повышению эффективности проектирования и строительства моста через реку Иртыш. Оптимальный выбор строительных материалов и методов может обеспечить устойчивость и долговечность сооружения.

Результаты исследования могут быть полезными для инженеров и проектировщиков, работающих над подобными проектами в регионах со сходными природными условиями.

Проектирование железобетонного моста через реку Иртыш является не только технической задачей, но и важным элементом развития региона, обеспечивающим транспортную доступность и экономический рост. Процесс проектирования мостов требует совместной работы инженеров, архитекторов, геодезистов и других специалистов, чтобы создать инфраструктуру, соответствующую требованиям, стандартам и ожиданиям заказчиков, а также обеспечивающую безопасность и удовлетворяющую экологическим стандартам.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Подвесной мост в городе Семей [Электронный ресурс]/Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Подвесной\\_мост\\_в\\_городе\\_Семей](https://ru.wikipedia.org/wiki/Подвесной_мост_в_городе_Семей) – Загл. с экрана
2. Н.М. Колоколов, Л.Н. Кобац, И.С. Файнштейн. Искусственные сооружения. – М.: Транспорт, 1988. - 440 с.
3. Гишман М.Е. Проектирование транспортных сооружений. - М.: Транспорт, 1980. - 391 с.
4. Мосты и тоннели на железных дорогах: Учебник для вузов / В.О. Осипов, В.Г. Храпов, Б.В. Бобриков и др. Под ред. В.О. Осипова. – М.: Транспорт, 1988. – 367 с.
5. Б.В.Бобриков, И.М. Русаков, А.А. Царьков. Строительство мостов: Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. Б.В. Бобрикова. – М.: Транспорт, 1987. – 304 с.
6. Бейсембаева М.А. Минимальный сток Иртыша в равнинной части бассейна на территории Республики Казахстан в условиях антропогенной нагрузки // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. Т. 327. – № 4. – С. 35–43.
7. СНиП 2.05.03-84. Мосты и трубы/Минстрой России. – М.: ГП ЦПП, 1996. – 214с.
8. Строительство мостов и труб (Справочник инженера) / Под ред. В.С. Кириллова. – М.: Транспорт, 1975. – 600 с.
9. Строительные нормы и правила СНиП 3.06.04–91 «Мосты и трубы»
10. Указания по устройству и конструкции мостового полотна на железнодорожных мостах. Утв. 28.07.87. - М.: Транспорт, 1989. - 119 с.
11. МГСН 5.02-99. Проектирование городских мостовых сооружений [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.rags.ru/stroyka/doc/8233/> – Загл. с экрана.

12. Мосты и тоннели на железных дорогах: Учебник для вузов / В.О. Осипов, В.Г. Храпов, Б.В. Бобриков и др. Под ред. В.О. Осипова. – М.: Транспорт, 1988. – 367 с.

13. Справочник базовых цен на инженерные изыскания для строительства. Инженерно–геодезические изыскания. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.complexdoc.ru/ntd/549092> – Загл. с экрана.

© *Е. П. Чайко, Н. Н. Кобелева, 2024*