



DOI 10.37539/2949-1991.2023.5.5.012

Шарипов Артур Маратович,
Брезгин Владимир Павлович,
студент, РУТ(МИИТ), г. Москва

Научный руководитель:
Пискунов Александр Алексеевич,
д.т.н., проф., РУТ(МИИТ), г. Москва

ВРЕМЕННЫЕ МОСТОВЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Аннотация: В статье реализован краткий обзор характеристик существующих понтонных мостовых сооружений. Произведен расчет понтонного мостового сооружения, а также приведены результаты исследования нового сборно-разборного моста типа Тайпан.

Ключевые слова: понтонные мосты, сборно-разборные мосты, временные мосты, Тайпан, реконструкция мостов.

Транспортная система Российской Федерации является основой, обеспечивающей социально-экономическую потребность государства. В результате стихийных бедствий, чрезвычайных ситуаций, может происходить разрушение мостов, приводящее к разрыву логистических цепочек, большим финансовым потерям, а также человеческим жертвам. В таких случаях быстрое восстановление автомобильного и железнодорожного движения является одной из главных задач для строителей. Однако мостовой переход – это сложное инженерное сооружение, капитальный ремонт которого может длиться годы. Возведение временных понтонных мостов может являться решением проблемы, поскольку не требует больших финансовых вложений, а также занимает мало времени.



Следует отметить, что понтонные мосты пользуются большой популярностью в армиях различных стран мира. Полный комплект машин и оборудования для наведения мостов из складных звеньев получил название ПМП и был принят на вооружение Советской армии в 1962 году. Комплект парка позволяет построить мост длиной 227 м и грузоподъемностью 60 т. К 1984 году на вооружение армии поступил понтонный парк ППС-84. В этом комплекте звенья могли соединяться не только в длину, но и в ширину, что позволяло собирать мост с шириной проезжей части почти 14 м при грузоподъемности 120 т. [1]

Перед тем, как производить монтаж временного мостового сооружения, производится расчет грузоподъемности в зависимости от заданной нагрузки. В качестве примера приведем расчет автодорожного шарнирно – консольного моста из двухопорных паромов. Соединение барж выполнено двумя шарнирами. Наиболее пригодными являются транцевые баржи. Проектное судно под номером 1653Б выбрано исходя из вышеуказанного условия. Опираение пролетного строения у данного типа барж бортовое, следовательно опрокидывание судна на борт исключено. Остойчивость отдельной баржи не проверяется. Расчетной выбрана нагрузка Н14.

Полная длина пролетного строения и пролет парома:

$$L_0 = 24,2 + 0,3 = 24,5 \text{ м} \quad (1.1)$$

$$l = 24,2 - 11,4 = 12,8 \text{ м} \quad (1.2)$$

Эквивалентную нагрузку для вычисления осадки в шарнире определяем по длине загрузки интерполяцией:

$$x = L_0 + l = 24,5 + 12,8 = 37,3 \text{ м} \quad (1.3)$$

$$\vartheta = 5,05 \frac{\text{тс}}{\text{м}} = 49,52 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

Расчет наибольшей ординаты линии влияния осадки шарнира и его величина:

$$\delta_{\text{ш}} = \frac{L_0}{2 \cdot \gamma \cdot A_0 \cdot l} = \frac{24,5}{2 \cdot 9,81 \cdot 600 \cdot 12,8} = 0,000163 \frac{\text{м}}{\text{кН}} \quad (1.4)$$



$$t_{ш} = 0,5 * \vartheta * \delta_{ш} * x = 0,5 * 49,52 * 0,000163 * 37,3 = 0,151 \text{ м} \quad (1.5)$$

$$x = 0,5 * (L_0 + l) = 0,5 * 37,3 = 18,65 \text{ м} \quad (1.6)$$

$$\vartheta = 9,26 \frac{\text{тс}}{\text{м}} = 90,81 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

Величина перерезывающей силы в шарнирном стыке паромов:

$$Q_{ш} = (1 + \mu) * 0,5^2 * \vartheta * x = 1,2 * 0,25 * 90,81 * 18,65 = 508,08 \text{ кН} \quad (1.7)$$

Величина перерезывающей силы меньше допустимой, равной 57 тс (559 кН). **Первая проверка выполняется.**

Наибольшая ордината л.в. А, а также реакция опоры по длине загрузки и расчет линии влияния продольного уклона баржи:

$$A = \frac{L_0}{L_0 + l} = \frac{24,5}{24,5 + 12,8} = 0,657 \quad (1.8)$$

$$x = 1,5L_0 + 0,5l = 1,5 * 24,5 + 0,5 * 12,8 = 43,15 \text{ м} \quad (1.9)$$

$$\vartheta = 4,45 \frac{\text{тс}}{\text{м}} = 43,64 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

$$A = 0,5 * \vartheta * x * A = 0,58 * 43,64 * 43,15 * 0,657 = 717,56 \text{ Кн} \quad (1.10)$$

$$x = L_0 + 0,5l = 24,5 + 0,5 * 12,8 = 30,9 \text{ м} \quad (1.11)$$

$$\vartheta = 5,98 \frac{\text{тс}}{\text{м}} = 58,64 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

Наибольшая ордината и величина уклона:

$$i = \frac{L_0}{\gamma * A_0 * l * (L_0 + l)} = \frac{24,5}{9,81 * 600 * 12,8 * (24,5 + 12,8)} = 0,00000872 \quad (1.12)$$

$$i_p = 0,5 * \vartheta * x * i = 0,5 * 58,64 * 30,9 * 0,00000872 = 0,0079 = 1\% \quad (1.13)$$

Положительный участок л.в. М имеет длину:

$$x_1 = \frac{2 * L_0 * l}{L_0 + l} = \frac{2 * 24,5 * 12,8}{24,5 + 12,8} = 16,81 \text{ м} \quad (1.14)$$

$$\vartheta_1 = 10,09 \frac{\text{тс}}{\text{м}} = 98,95 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

$$m = \frac{x_1}{4} = 4,2 \text{ м}$$

$$M = 0,5 * (1 + \mu) * m * \vartheta_1 * x_1 = 0,5 * 1,05 * 4,2 * 98,95 * 16,81 = 3667,69 \text{ кН * м} \quad (1.15)$$



Минимальная ордината отрицательного участка л.в. М:

$$m_2 = m + 0,25L_0 = 4,2 + 0,25 * 24,5 = -1,85 \text{ м} \quad (1.16)$$

$$x_2 = L_0 + \frac{l}{2} - 2m = 24,5 + \frac{12,8}{2} - 2 * 4,2 = 22,5 \text{ м} \quad (1.17)$$

$$\vartheta_2 = 7,52 \frac{\text{тс}}{\text{м}} = 73,75 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

Загружаем эквивалентной нагрузкой один отрицательный участок и получаем расчетный момент:

$$M_2 = 0,5 * (1 + \mu) * m_2 * \vartheta_2 * x_2 = 0,5 * 1,05 * (-1,85) * 73,75 * 22,5 = 1611,668 \text{ кН * м} \quad (1.18)$$

$$\vartheta = 7,36 \frac{\text{тс}}{\text{м}} = 72,18 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

$$M_{\Delta} = \frac{v * l^2}{8} * (1 + \mu) = \frac{72,18 * 24,4^2}{8} * 1,1 = 5908,8 \text{ кН * м} \quad (1.19)$$

По положительному моменту мост имеет запас прочности 1,6. По отрицательному моменту – почти четырехкратный запас прочности. **Вторая проверка выполняется.**

Одним из самых важных этапов является проверка на прочность корпуса, имеющей длину площади ватерлинии $L=32,4$ м. Установку примем непосредственно на баржу, чтобы исключить давление распределяющих пакетов проката. Давление от собственного веса пролетного строения принимается равным $11 \text{ тс} = 108 \text{ кН}$, от временной нагрузки еще 1540 кН . Для свободно плавающего судна, принимая давление распределенным на 6 м длины плавучей опоры (ширины пролетного строения), получим:

$$M_0 = (108 + 1540) * (32,4 - 6) * 0,125 = 5438,4 \text{ кН * м} \quad (2.1)$$

Суммарный с имеющимися в корпусе судна M_{Π} расчетный момент:

$$M_0 + M_{\Pi} = 5438,4 + 9,81 * (-339) = 2112,81 \text{ кН * м} \quad (2.2)$$

Значение получается меньше допустимого для миделя баржи момента в $773 \text{ тм} = 7188 \text{ кН*м}$. **Третья проверка выполняется.**

Последним этапом расчета является проверка осадки борта баржи по оси моста с учетом крена опоры и давления на баржу от пролетного строения:



$$t = t_{\pi} + \frac{0,5 * Q_{\text{пс}} + A}{\gamma * A_0} + i_p * 0,5 * B = 0,28 + \frac{0,5 * 108 + 1540}{9,81 * 600} + 0,0079 * 0,5 * 11,4 = 0,12 \text{ м} \quad (2.3)$$

где

$t_{\pi} = 0,28$ – осадка средняя в судне порожнем, м ;

Полученное значение значительно меньше грузовой осадки баржи, равной 2,19 м. Очевидно, что в шарнирной системе моста может быть использован и другой тип баржи с меньшей прочностью и грузоподъемностью, чего нельзя делать в наплавных мостах разрезной системы. **Четвертая проверка выполняется.**

Большинство существующих временных мостовых переходов были разработаны в Советское время и устарели. Максимальная длина одного балочного пролетного строения не превышает 33 метра, что влечет необходимость сооружения промежуточных опор. Решением данной проблемы могло бы являться разрезное пролетное строение с двумя решетчатыми фермами.

С учетом опыта проектирования понтонных мостовых сооружений, а также вышеперечисленных требований, «Тюменьстальмост имени Тюменского комсомола» разработал технологию временного моста ТАЙПАН. Конструкция моста предполагает возможность монтажа мостов с различными габаритами в соответствии с СП 35.13330.2011 (Россия), AASHTO Standard (США) и EUROCODE (Европа). Основная идея состоит в том, что мост собирают из отдельных элементов, что позволяет варьировать характеристики конструкции.

Сборка пролетного строения происходит на берегу соединением элементов жесткого каркаса шпилентами, в необходимых случаях с применением легкого кранового оборудования автомобиля с гидроманипулятором . По предварительным оценкам скорость монтажа составит не менее 25 метров в сутки. После сборки пролетного строения производят его передвижку в русло. Предельные автомобильно-дорожные



нагрузки А11 и Н11. [2] [3] При тех же характеристиках, грузоподъемность моста достаточна для пропуска колонны танков до 50 тонн каждый. Основными несущими элементами являются панели размером 3х1.5 метра, которые связывают между собой при помощи шарнирных соединений пинов, а левый и правый пояса моста объединяют поперечными балками.

На базе предприятия была собрана экспериментальная модель длиной 18 метров. В ходе эксперимента было проведено нагружение блоками по 6 и 10 тонн. Проводилось испытание на прочность, жесткость и упругие деформации. Высокая корреляция с расчетными значениями показала расхождение в 5% в запас. Подобные испытания позволяют сделать вывод о перспективности развития данной области мостостроения. [5]

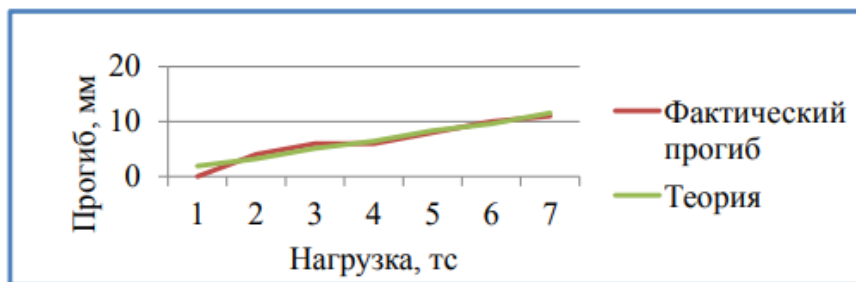


Рисунок 1 – Результаты исследования

Выводы: Система понтонных мостовых сооружений в Российской Федерации в последние годы набирает популярность за счет быстрого наведения и малых затрат в их производстве: дешевый материал, легкость и быстрота монтажа, простота ремонта. Существенным недостатком является устаревший технический парк, который из-за больших размеров не представляется возможным хранить в ангарах и других защищенных от неблагоприятного влияния окружающей среды условиях. Однако наши ученые успешно реализуют программы усовершенствования временных мостовых сооружений. СРМ Тайпан является лишь одним из многочисленных разработок, за которыми, без преувеличения, будет стоять будущее мостостроительной отрасли.



Список литературы:

1. Старостенков Н. В. Железнодорожные войска России. Кн. 1. На службе Российской империи: 1851–1917. / Под ред. Г. И. Когатько. — М.: «Евросервис-СВ», 2001. — 272 с.
2. СТО АВТОДОР 2.17-2015 Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию применения временных мостов (эстакад, путепроводов) на автомобильных дорогах государственной компании "Автодор"
3. "СП 35.13330.2011. Свод правил. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84*" (утв. Приказом Минрегиона РФ от 28.12.2010 N 822)
4. Кручинкин А.В. Сборно-разборные временные мосты. «Транспот». М., 1987 г, -191с
5. Патент на полезную модель от №137558 «Сборно-разборный универсальный мост» , кл. E01H 15/133 от 20.02.2014 г;