

## Мосты с интегральными устоями

Попов В.И.

Московский филиал АО «Институт «Стройпроект»  
Московский автомобильно-дорожный государственный  
технический университет  
г. Москва, Россия

*В докладе приводятся результаты исследования работы мостов с интегральными устоями под действием давления грунта, температуры и других воздействий. Показано, что применение интегральных устоев в мостах целесообразно в малых мостах прямых, косых и криволинейных в плане.*

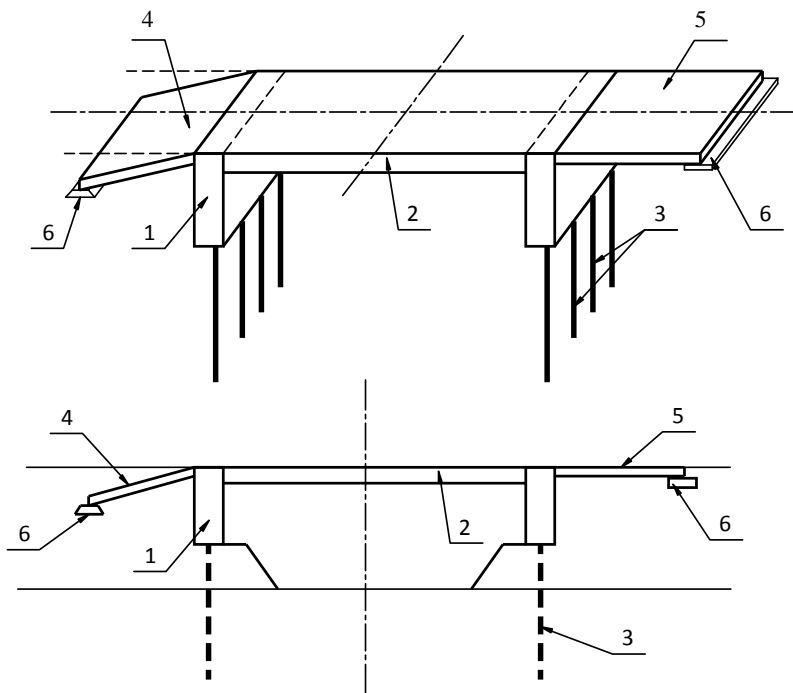
### Введение

В некоторых зарубежных странах, таких как США, Канада, Италия и др., нашли применение и эксплуатируются с 70-х годов прошлого столетия мосты, путепроводы и эстакады с так называемыми интегральными устоями. Характерный вид однопролетного моста с интегральными устоями приведен на рис. 1.

В мостах с интегральными устоями отсутствуют опорные части, а по концам переходных плит имеются простейшие деформационные швы заполненного типа. Деформации, создаваемые действующими нагрузками и воздействиями, воспринимаются в основном гибкими однорядными сваями, которые в большинстве случаев зарубежной практики выполняют стальными Н-образного сечения.

Тело интегрального устоя представляет собой железобетонную монолитную стену по всей ширине моста, которая объединяется с заглубленной или поверхностной железобетонной переходной плитой горизонтальной арматурой, допускающей ограниченную угловую податливость переходной плиты. Иногда заглубленную переходную плиту жестко объединяют с телом интегрального устоя.

В рамках проведенных исследований были рассмотрены однопролетные, а также многопролетные неразрезные схемы с 2–5 пролетами, имеющие интегральные устои. При этом варьировались длина пролетов от 20 до 40 м, угол косины от 10° до 45° и радиус кривизны пролетных строений от 250 до 1000 м. Таким образом, рассматривались мостовые сооружения с малыми пролетами, что характерно для путепроводов.



**Рис. 1 – Однопролетный мост с интегральными устоями:**  
**1 – тело устоя; 2 – пролетное строение; 3 – сваи;**  
**4 – заглубленная переходная плита; 5 – поверхностная**  
**переходная плита; 6 – лежень**

По конструкции это были плитные монолитные, ребристые сборно-монолитные и сталежелезобетонные пролетные строения под 2 полосы движения. В интегральных устоях учитывали стальные сваи Н-образного, двутаврового и трубчатого сечений разной площади.

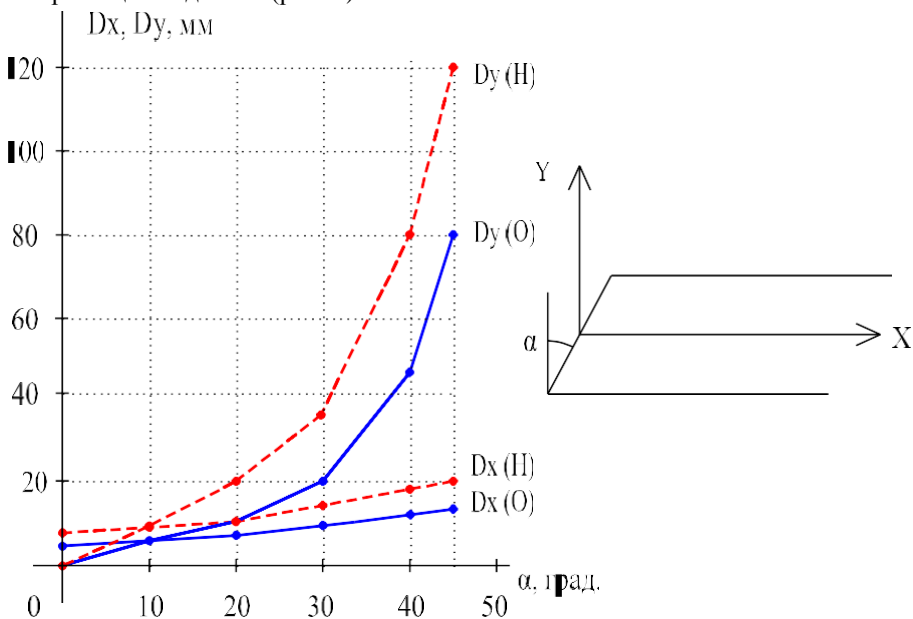
### **Результаты исследований**

Целесообразность применение интегральных устоев связана с обеспечением минимальных перемещений верха устоев, которые, в свою очередь, обусловлены деформациями и усилиями в стальных сваях.

Проведенные расчеты по МКЭ с использованием программного комплекса MIDAS для прямых в плане сталежелезобетонных пролетных строений показали, что в диапазоне пролетов от 34 до 43 м имеем область

минимальных значений изгибающих моментов в сечениях стальных свай интегральных устоев. В этом же диапазоне пролетов перемещения верха интегральных устоев при учете постоянных и временной подвижной нагрузок, а также температурного перепада в  $25^{\circ}\text{C}$  не превышали 4 мм, что позволяет применить простейший заполненный деформационный шов.

Особенностью косых мостов и путепроводов является закручивание их в плане под действием давлений грунта на тело интегральных устоев. Поперечные перемещения интегральных устоев для рассмотренных случаев при косине  $30^{\circ}$  оказываются в 3 раза, превышающими продольные перемещения. При этом отмечается, что при увеличении угла косины от  $30^{\circ}$  до  $45^{\circ}$  происходит резкое возрастание результирующих перемещений. Применяя вместо Н-образных трубчатые сваи с той же площадью поперечного сечения при угле косины  $30^{\circ}$  можно снизить эти перемещения до 30% (рис. 2).

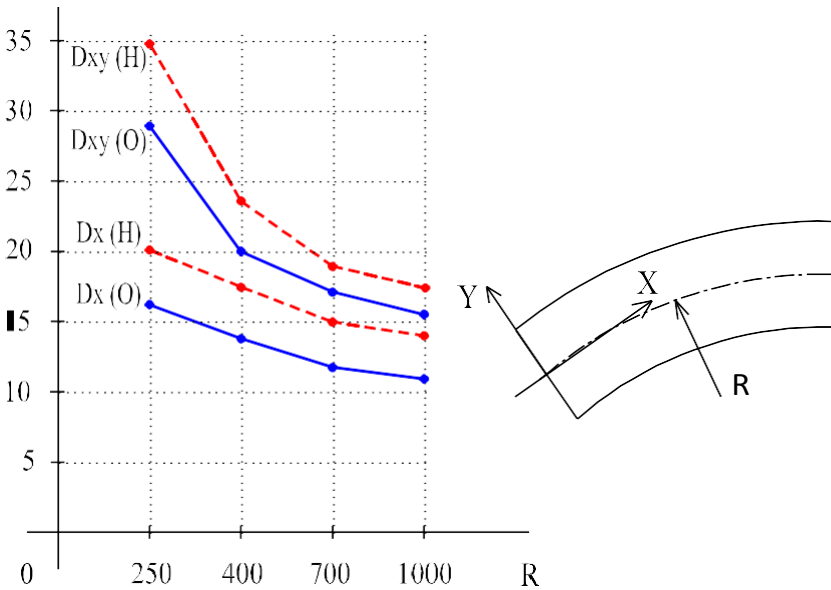


**Рис. 2 – Графики продольных  $D_x$  и поперечных  $D_y$  перемещений верха устоя**

В криволинейных пролетных строениях с уменьшением радиуса кривизны перемещения вдоль продольной оси  $D_x$  и результирующие

перемещения  $D_{xy}$  возрастают. При этом при трубчатых сваях результирующие линейные перемещения оказываются до 15% меньше, чем при H-образных сваях (рис. 3).

$D_x, D_{xy}, \text{ мм}$



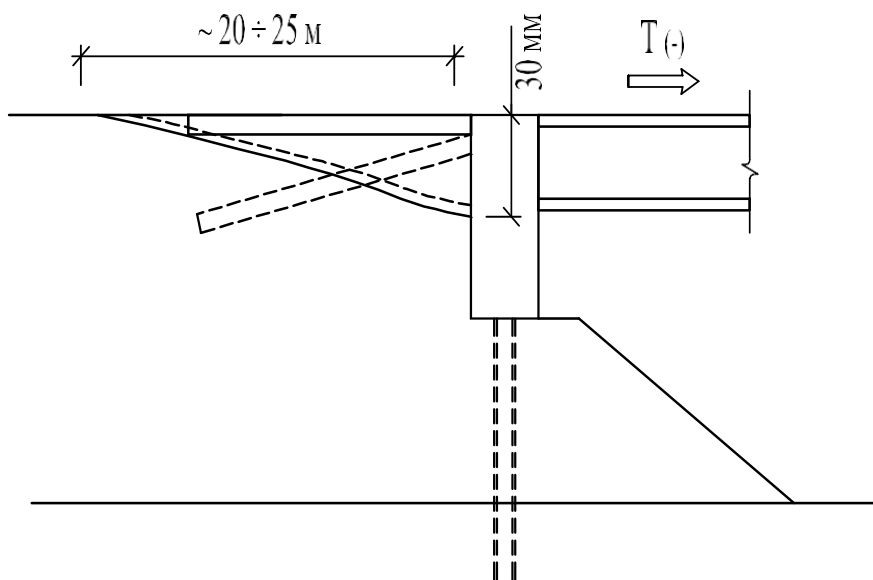
**Рис. 3 – Графики продольных  $D_x$  и результирующих  $D_{xy}$  перемещений верха интегрального устоя**

Давление грунта за стенкой интегрального устоя под действием попеременных перемещений то в сторону пролета, то в сторону насыпи постепенно переходит на большей части высоты из активной фазы в пассивную, и этим работа тела интегрального устоя отличается от работы железобетонных подпорных стен.

Проведенные расчеты для косоугольного путепровода с углом косины  $30^\circ$  показали, что учет только активной фазы давления приводит к значительным ошибкам в определении перемещений верха интегрального устоя. Так, например, продольные перемещения верха интегрального устоя для случая загрузки постоянными нагрузками, временной подвижной А14 и температурным перепадом  $+35^\circ\text{C}$  отличаются на 85%.

Насыпь за интегральными устоями, как было отмечено выше, со временем уплотняется, и проявляются просадки, которые ухудшают профиль в уровне проезжей части. Длина распространения просадок зависит от типа примененной переходной плиты: поверхностной или заглубленной. Для случая криволинейного путепровода пролетом 30 м с радиусом кривизны 700 м длина распространения просадок песчаной насыпи составила около 20-25 м при наибольшей величине просадки около 30 мм под действием отрицательного перепада температур  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Эпюра просадок при заглубленной переходной плите (пунктиром на рис. 4) более плавная и с несколько меньшими ординатами, чем при поверхностной переходной плите (сплошная линия на рис. 4).



**Рис. 4 – Деформации грунта насыпи за интегральным устоем**

Обследования эксплуатируемых мостов с интегральными устоями в США показали, что существенных дефектов такие сооружения не имеют. На отдельных мостах были обнаружены трещины в теле устоев с небольшим раскрытием, но они не имеют повторяющегося характера.

Эффективность применения интегральных устоев в мостах и путепроводах может быть оценена по затратам на строительство и содержание. По сравнению с путепроводами, имеющими

полуинтегральные устои, а также с отдельными функциями устоев и полностью интегральную схему, вариант с интегральными устоями оказывается наиболее предпочтительным. Расчеты показывают также, что по сравнению с балочными мостовыми сооружениями затраты на содержание мостов и путепроводов с интегральными устоями за весь период эксплуатации на 7-9% меньше.

### **Заключение**

В целом можно сделать вывод о том, что мостовые сооружения с интегральными устоями имеют определенные технико-экономические преимущества по сравнению с малыми мостами и путепроводами балочной системы, но требуют дополнительных экспериментально-теоретических исследований в целях разработки практических рекомендаций.