

# ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОПОРНЫХ ЧАСТЕЙ

Группа компаний «Стройкомплекс-5», основанная в 1991 году, с 1995 года занимается разработкой и изготовлением опорных частей различных типов. За истекший период изготовлено более 7300 опорных частей на нагрузки от 20 до 2620 т.

Разработанные конструкции опорных частей защищены несколькими патентами РФ на изобретения и полезные модели. Вся продукция группы компаний «Стройкомплекс-5» прошла комплексные испытания в НИИ Мостов и в других научно-исследовательских организациях России и имеет необходимые сертификаты.

Для изготовления опорных частей используются исключительно отечественные материалы и комплектующие.

На сегодняшний день наиболее эффективны шаровые сегментные опорные части, которые, в отличие от классических катковых, секторных и т. п. опорных частей, обеспечивают свободный поворот опорного узла в любом направлении, что принципиально важно при недостаточной жесткости поперечных балок или диафрагм. Ниже рассмотрены особенности применения опорных частей в мостовых и других инженерных сооружениях.

## 1. Расположение опорных частей

В п. 8.186 СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы» говорится: «Балочные пролетные строения пролетом свыше 25 м должны иметь подвижные опорные части». Следует иметь в

виду, что металлические опорные части, например тангенциальные, изготавливаются в соответствии с общемашиностроительными требованиями, обычно с допусками по 14-му качеству. Зазор между штырем и отверстием в нижнем балансира составляет  $\pm 1$  мм. Поле допусков –  $\pm 0,3$  мм для каждой детали. Таким образом, остается люфт  $\pm 0,2$  мм. Соответственно, при температурном перепаде  $100^\circ\text{C}$ , уже при пролете, превышающем 4,0 м, в пролетном строении, в опорах и в опорных частях будут возникать горизонтальные усилия, на которые конструкции не рассчитаны. Следовательно, практически при любых пролетах балочных мостов необходимо предусматривать неподвижные и подвижные опорные части на соседних опорах, и слепое соблюдение требований СП в этой части может привести к нарушению работы конструкции моста.

Для балочных однопролетных мостов, имеющих небольшую ширину, то есть в тех случаях, когда поперечные температурные деформации относительно малы (не превышают технологических зазоров или люфтов между элементами опорной части), на неподвижных опорных узлах могут применяться только неподвижные

опорные части, а на подвижных опорных узлах – только продольно-подвижные. При использовании металлических опорных частей можно руководствоваться изложенным выше, для шаровых сегментных опорных частей – надо учитывать их конструктивные особенности. Между нижним балансиром (основанием) и силовыми ребрами плиты скольжения имеется зазор, обеспечивающий возможность поворота опорного узла. Обычно он составляет  $\pm 2$  мм. Использовать весь этот зазор для перемещений не следует, но, принимая во внимание вероятностный характер воздействий на сооружение, учет половины этого зазора, то есть  $\pm 1$  мм, можно считать допустимым. Соответственно, уже при расстоянии между крайними опорными частями более 10 м необходимо устанавливать поперечно-подвижные опорные части (в створе с неподвижными) и всесторонне-подвижные (в створе с продольно-подвижными опорными частями).

Рекомендуемые схемы расположения опорных частей приведены на рис. 2–4.

И в этом случае необходимо отметить неосторожное требование СП 35.13330.2011, где в п. 8.187 сказано, что «при расстоянии между центрами опорных частей, расположенных на одной опоре, свыше 15 м следует обеспечивать поперечную подвижность одной из опорных частей путем устройства

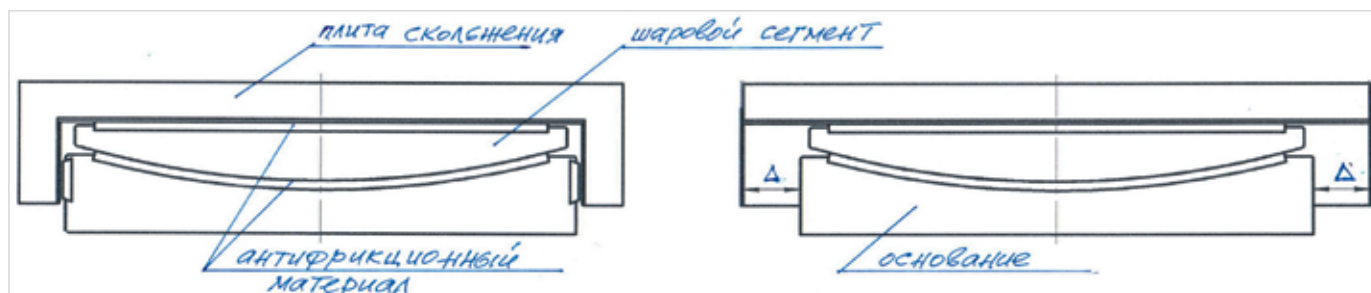


Рис. 1. Схема шаровой сегментной опорной части



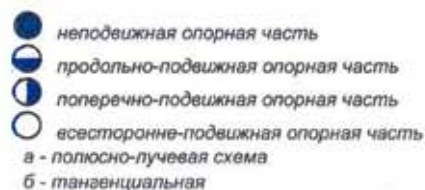
Рис. 2. Расположение при малой ширине пролетного строения



Рис. 3. Расположение при большой ширине пролетного строения



Рис. 4. Расположение при многобалочном пролетном строении



всесторонне подвижных опорных частей или другим способом». Таким образом, здесь также необходим осознанный подход к соблюдению требований СП.

## 2. Срок службы опорных частей

Считается, что металлические опорные части имеют срок службы, соответствующий сроку службы всего моста. Однако это не так. Несмотря на то, что тангенциальные, секторные и катковые опорные части выполнены полностью из металла, не имеют в своем составе каких-либо элементов из недолговечных материалов, срок их службы ограничен по следующим факторам:

■ уже сами опорные части являются мелким элементом в составе моста, а в составе опорной части имеются еще более мелкие элементы: не только соединительные планки, но и штыри, болты крепления и т. п., которые в первую очередь подвергаются коррозии, а далее материал коррозии забивает все пространство, в котором



Рис. 5. Дефектная катковая опорная часть должны обеспечиваться перемещения. Сами мелкие детали достаточно быстро разрушаются; ■ неравномерность передачи нагрузки на опорную часть в поперечном направлении приводит к нарушениям контактных поверхностей элементов, а в некоторых случаях – к наклонам катков и полному выходу из строя опорной части (рис. 5).

Неслучайно все пролетные строения снабжаются домкратными балками, которые предназначены для замены опорных частей. О возможности замены опорных частей сказано и в п. 5.80 СП 35.13330.2011: «На мостах с балочными пролетными строениями и подвижными опорными частями следует предусматривать условия для выполнения работ по регулированию положения, ремонту или замене опорных частей».

Современные типы опорных частей (стаканные, шаровые сегментные, тангенциальные скользящие) в качестве важнейших элементов используют синтетические материалы, входящие в состав антифрикционной пары. Это фторопласт и его модификации или высокопрочный полиэтилен, а также смазочные материалы, заполняющие специальные лунки.

Если собственно фторопласты и материалы на их основе относятся к числу материалов, имеющих практически неограниченный срок службы, определяемый химическими свойствами фторсодержащих материалов, то полиэтилены и их производные химически разлагаются в сроки существенно меньшие, чем предполагаемый срок службы сооружения. Об этом поставщики опорных частей предпочитают умалчивать.

При конструировании опорных частей следует учитывать и значительные деформации сжатия антифрикционных материалов под нагрузкой, и их износ при трении скольжения.

Особо следует осветить вопросы, связанные со смазкой пары скольжения.

1) Во всех опорных частях, использующих в антифрикционных целях трение скольжения (кроме опорных частей с использованием тканого материала «Даклен»), предусмотренный п. 6.28 СП 35.13330.2011 коэффициент трения обеспечивается исключительно за счет смазки, закладываемой в лунки, расположенные в листах антифрикционного материала. Таким образом, надо четко

понимать, что опорные части работают на основе жидкостного трения. Исследования показывают, что коэффициенты трения любых «сухих» антифрикционных материалов в 5–10 раз выше!

2) Смазка трущихся поверхностей осуществляется за счет выдавливания смазочного материала из лунок в процессе взаимного перемещения контактирующих элементов опорной части. При этом фторопласт или полиэтилен обминается, и в процессе работы, по мере энтропии смазки, антифрикционный материал начинает истираться, позволяя новым порциям смазки попадать в рабочую зону. Из смеси смазки и отходов антифрикционного материала на поверхности нержавеющей стали образуется валик, размеры которого увеличиваются со временем. Соответственно, толщина антифрикционного материала уменьшается не только за счет обмятия, но и за счет истирания. Если бы истирание отсутствовало, в какой-то момент началось бы сухое трение и работа опорной части перестала бы соответствовать расчетным предпосылкам. Стадии истирания-износа в процессе эксплуатации приведены на рис. 6.

3) В связи с этим применение в качестве антифрикционного какого-то особо прочного материала, например металла (в частности, бронзы), с лунками для смазки практически невозможно, так как при отсутствии обмятия и истирания антифрикционного материала смазка перестает поступать в зону взаимных перемещений контактирующих деталей. Неслучайно в механизмах, использующих трение скольжения, обязательно предусматривается пополнение смазки в процессе эксплуатации, что для опорных частей невозможно.

Учитывая изложенное, оптимальное сочетание деформативности антифрикционного материала и его истираемости обеспечат наиболее благоприятные условия работы опорной части и ее максимально возможный срок службы. Поиски материала, у которого коэффици-

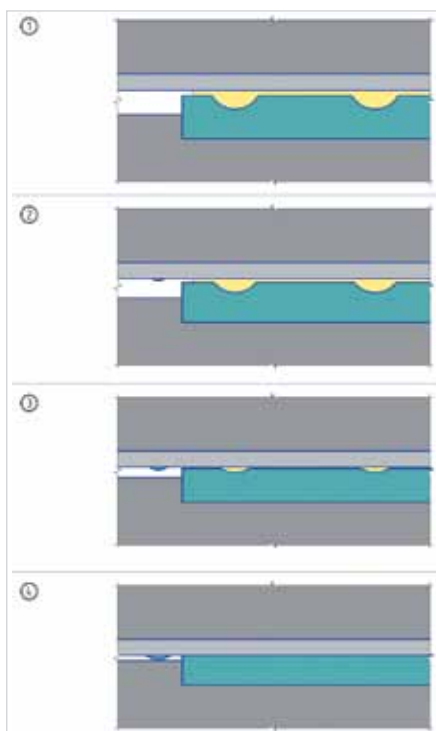


Рис. 6. Стадии истирания-износа антифрикционного материала

ент сухого трения приближался бы к жидкостному, можно продолжать. Успех этих поисков приведет к созданию новых типов опорных частей. Например, тканый материал «Даклен» обладает такими свойствами, и группа компаний «Стройкомплекс-5» широко применяет его в опорных частях на нагрузки до 200 т. Применение его для больших нагрузок имеет чисто технологические ограничения.

4) Поскольку коэффициент трения по п. 6.28 СП 35.13330.2011 зависит от удельного давления на антифрикционный материал, что подтверждается материалами испытаний, весьма важным фактором является допустимая величина давления, определяемая физико-химическими свойствами конкретного материала. Необходимо отметить, что практически все синтетические материалы не имеют жестко нормируемых пределов сжатия. Сжимаемость материала является функцией его деформаций под давлением. Наиболее податлив чистый фторопласт. Введение в него различных добавок увеличивает жесткостные характеристики. Полиэтилены имеют примерно такие же свойства.

Тем не менее применение более прочных на сжатие материалов позволит уменьшить размеры опорной части и соответственно снизить стоимость изготовления. При этом необходимо учитывать, что лимитирующим становится давление на бетон подферменника, и для распределения нагрузок потребуются металлические прокладки или другие решения (например, использование для подферменника материалов повышенной прочности). Таким образом, вопрос о стоимости устройства опорных узлов необходимо рассматривать в комплексе.

5) Весьма важное значение имеет используемый в опорной части смазочный материал. Применяемые обычно смазки обеспечивают нормативный коэффициент трения, но, если использовать смазочные материалы нового поколения, можно существенно уменьшить коэффициент трения при низких температурах, что даст значительный эффект.

Возможность использования тех или иных смазочных материалов определяется их долговечностью, то есть сроком сохранения стабильности вязкости и текучести в течение длительного времени. К сожалению, достоверной информации о свойствах смазочных материалов во времени получить не удастся. Тем не менее в любом случае необходимо предусматривать возможность замены опорных частей, хотя бы для восстановления работоспособности пары скольжения. С этой точки зрения недопустимы предлагаемые рядом поставщиков технические решения, при которых для замены опорной части потребуются значительная разборка бетона.

6) При расчетах мостовых сооружений горизонтальные усилия от воздействия температуры вычисляются при нормативных постоянных нагрузках (п. 6.28 СП 35.13330.2011). В связи с этим величины коэффициентов трения при максимальных давлениях, на которые обычно обращают внимание в первую очередь

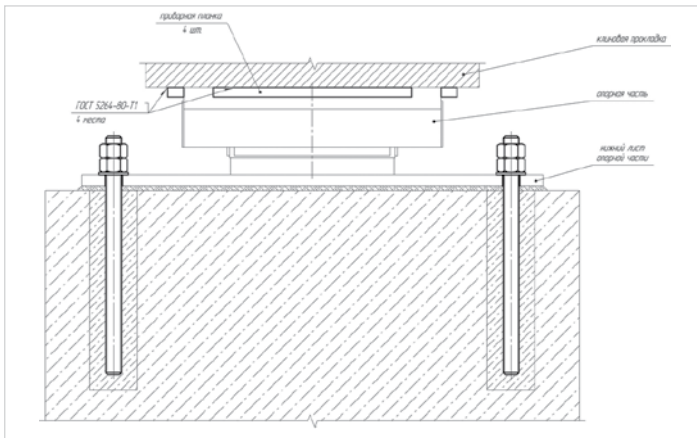


Рис. 7. Вариант крепления опорной части



Рис. 8. Шаровая сегментная опорная часть с переходной тумбой на мосту через реку Нарову

при проектировании, оказываются неактуальными. И здесь особо следует обращать внимание на соотношение постоянных и временных нагрузок на опору.

### 3. Крепление опорных частей

Шаровые сегментные опорные части требуют обязательного крепления к опорному листу пролетного строения и к подферменнику в следующих случаях:

- в железнодорожных мостах – всегда;
- при минимальном значении нагрузки, не превышающем 25% от максимальной;
- при горизонтальных нагрузках, превышающих 10% от вертикальных;
- при расположении моста на продольном или поперечном уклоне, превышающем 0,002. В этих случаях обязательно использование клиновых прокладок между опорным листом и плитой скольжения опорной части. Крепление этого узла обязательно;
- при строительстве в сейсмических районах.

Крепление может не предусматриваться при постоянной нагрузке, превышающей 75% от суммарной.

В принципе не требуют крепления всесторонне подвижные опорные части, за исключением случаев расположения моста на продольном или поперечном уклоне, превышающем 0,002.

Крепление плиты скольжения опорной части к опорному листу

в этом случае обязательно, но крепление нижнего балансира (основания) к подферменнику не требуется.

Крепление может быть рассчитано на передачу только горизонтальных нагрузок, на передачу только вертикальных отрывных нагрузок или на передачу и тех, и других усилий.

Крепление может выполняться одним из двух способов: с помощью болтов (стяжных и анкерных) или с помощью планок, привариваемых к опорным листам (или к клиновым прокладкам) и закладным листам подферменника.

Приварка любых элементов собственно опорной части к другим конструкциям категорически запрещается!

Крепление с помощью приварочных планок обеспечивает только передачу горизонтальных усилий. Болтовые крепления могут быть рассчитаны на передачу и горизонтальных, и вертикальных усилий.

### 4. О замене опорных частей катковых на шаровые сегментные

Учитывая перечисленные выше недостатки традиционных конструкций опорных частей (секторных и катковых), группа компаний «Стройкомплекс-5» разработала и многократно применяла конструктивно-технологические решения по замене их на шаровые

сегментные опорные части. Замена таких опорных частей, как правило, сопряжена с необходимостью сохранить их высоту, которая значительно превышает высоту шаровых сегментных опорных частей. Для замены секторных и катковых опорных частей группа компаний «Стройкомплекс-5» разработала и поставляет шаровые сегментные опорные части в комплекте с переходными тумбами (рис. 8).

Проработана полная линейка опорных частей взамен изготовленных по типовым проектам, разработанным в 1950-х – 1970-х годах. Необходимо отметить одну важную деталь: шаровые сегментные опорные части имеют не только меньшую высоту по сравнению с катковыми, но и меньшие размеры в плане.

С целью недопущения деформаций опорных листов необходимо устанавливать дополнительные распределительные листы достаточной толщины между опорной частью и пролетным строением, которые распределяют давление на всю ширину нижнего пояса фермы.

С.А. Шульман,  
генеральный директор  
Группы компаний  
«Стройкомплекс-5»

192171, Санкт-Петербург  
ул. Бабушкина, 36  
корп. 1, лит. В  
тел./факс +7 (812) 560-71-69  
info@sc-5.ru  
www.stroycomplex-5.ru

