

## УСИЛЕНИЕ МОСТОВ И СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ИХ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ

*Н. В. ДОВГЕЛЮК, Е. М. МАСЛОВСКАЯ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*П. С. БАРАБОЛКИН*

*Белорусская железная дорога, г. Молодечно*

При реконструкции дорог и строительстве вторых путей необходимо оценить водопропускную способность эксплуатируемых сооружений и учесть специфические особенности, вызываемые переустройством дороги. В этих условиях иногда бывает возможно уточнить гидрологические и гидравлические расчеты, используя данные о работе сооружений в прошлом. Ряд условий работы сооружений (отложение наносов, оврагообразование и т. п.) дают возможность обоснованно назначить мероприятия для предотвращения нарушений работы сооружений [2].

Для оценки водопропускной способности существующих сооружений при проектировании ремонтных работ, реконструкции железнодорожных линий и классификации сооружений по водопропускной способности необходимы исходные данные, получаемые из архивных и проектных материалов [3].

При необходимости переустройства существующих сооружений, а также при реконструкции дороги и строительстве вторых путей дополнительно собираются на месте следующие материалы:

- состояние конусов мостов и род их укреплений, а также расположение вынесенных потоком отдельных элементов укрепления и их размеров;
- дата и состав производившихся ремонтных работ;
- чертежи сооружения, включая опоры и укрепления, с указанием глубины заложения фундаментов и концевой части укрепления – продольный разрез по оси сооружения, план и фасад;
- профиль и схематический план лога с указанием резервов, расположенных вблизи сооружения, влияющих на его работу и способствующих образованию оврагов;
- схематический план района расположения искусственного сооружения [1].

Усиление моста производится в случаях, когда мост в результате возрастания подвижной нагрузки или появления недопустимых дефектов в конструкции перестает удовлетворять требованиям нормальной эксплуатации. Усиление моста оказывается экономически более целесообразным, чем полное переустройство.

Металлические мосты усиливают путем увеличения сечений элементов и их прикреплений или изменения системы пролетных строений. Наиболее распространены следующие способы усиления металлических мостов:

- устройство временных или постоянных вспомогательных опор, уменьшающих длину пролета;
- увеличение сечений главных балок со сплошной стенкой или элементов сквозных ферм (поясов, решеток, узловых фасонки, ветровых связей), продольных и поперечных балок проезжей части, а также их прикреплений;
- уменьшение пролета продольных балок введением дополнительных поперечных балок;
- устройство шпренгелей в поперечных балках;
- добавление третьего пояса в главных фермах;
- обращение разрезных ферм в неразрезные соединением их концов на опорах;
- постановка дополнительных главных ферм;
- обращение металлических ферм в железобетонные.

При усилении пролетного строения путем добавления нового металла этот металл воспринимает лишь временную нагрузку. Чтобы включить новый металл в работу от постоянной нагрузки, требуется до клепки или сварки разгрузить от собственного веса или все пролетное строение, или усиливаемые элементы.

При таком способе усиления расходуется меньшее количество нового металла, но производство работ значительно усложняется и обычно вызывает необходимость в перерывах движения. Сечение элементов пролетного строения увеличивается путем приклейки или приварки (что более экономично) нового металла.

Усиление железобетонных мостов требуется значительно реже, чем металлических, и обычно производится добавлением новой арматуры и торкретированием.

Усиление каменных мостов обычно вызывается не ростом нагрузки, а неудовлетворительным состоянием моста, из-за плохого отвода воды от пролетного строения, неравномерной осадкой опор, неправильными расчетными предпосылками и пр.

Усиление каменного моста обычно заключается в устранении причин, вызвавших преждевременный вывод его из строя. Аналогично положение с усилением каменных опор. При наличии разрывов dna около опор их укрепляют укладкой фашинных туюфяков, каменной наброской.

К способам повышения сейсмостойкости мостов относятся:

- сейсмогашение – снижение сейсмических воздействий на сооружение;
- сейсмоизоляция – исключение передачи сейсмических сил на отдельные элементы сооружения;
- повышение безопасности эксплуатации сооружения при землетрясениях расчетной силы (дополнительные устройства).

К способам сейсмогашения относятся:

– демпфирование, т. е. перевод энергии колебаний системы в другой вид энергии. Демпферы трения скольжения предусматривают трансформацию энергии колебаний в кинетическую энергию взаимных перемещений элементов по трущимся поверхностям и тепловую;

– использование динамических гасителей, т. е. такое регулирование масс элементов системы и жесткости связей между ними, при котором обеспечивается противофазность колебаний отдельных элементов, приводящая к снижению инерционных усилий. А более перспективным направлением разработки систем с динамическими гасителями колебаний следует считать использование опорных частей, включающих дополнительные упругие элементы, выполненные в виде изгибаемых вертикальных стержней, размещенных под нижним балансиrom стандартной опорной части.

Жесткость стержней подбирается таким образом, чтобы колебания пролетного строения были противофазны колебаниям опоры. Стержни могут иметь жесткостные характеристики, различные в направлениях вдоль и поперек оси моста, а также могут быть снабжены дополнительной связью, разрушающей при заданной балльности землетрясения.

Простейший вид сейсмоизоляции – использование подвижных опорных частей (продольно или всесторонне подвижных) – может весьма эффективно разгрузить одну или несколько опор от усилий, вызванных колебаниями пролетных строений и подвижного состава. Такое решение может быть необходимым, если условия строительства каких-либо опор (например, геологические) существенно отличаются от других в худшую сторону. Применение «выключающихся» связей, например, в виде срезающихся болтов крепления, обеспечивает возможность нормальной эксплуатации моста по схеме, имеющей нужное для работы на эксплуатационные нагрузки количество неподвижных опорных частей. При заданной балльности землетрясения произойдет разрушение связей и подвижка пролетного строения относительно опоры. Динамическая расчетная схема моста при этом изменяется, но усилия, приходящиеся на остальные опоры (где установлены неподвижные опорные части), при рациональном подборе жесткостей элементов могут увеличиться незначительно.

Основным и наиболее эффективным способом дополнительной сейсмозащиты мостов является устройство упоров (стопоров) на подферменных площадках опор, оснащенных пружинными амортизаторами. Такие упоры препятствуют сбросу пролетных строений с опор при случайном или предусмотренном проекте разрушении связей между ними (например, срезе анкерных болтов опорных частей). При проектировании мостов с использованием дополнительных устройств необходимо предусматривать надежную анкеровку стопоров в бетоне подферменных площадок и арматурную связь последних с телом опоры. Двухпутная дорога по сравнению с однопутной железнодорожной линией имеет пропускную и провозную способность в 4–5 раз больше однопутной.

#### Список литературы

1 Турбин, И. В. Изыскания и проектирование железных дорог : учеб. для вузов / И. В. Турбин. – М. : Транспорт, 1989. – 479 с.

2 Государственная программа «Транспортный комплекс» на 2021–2025 годы, подпрограмма «Железнодорожный транспорт» : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 23 марта 2021 г., № 165 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://mintrans.gov.by>. – Дата доступа : 04.09.2024.

3 Довгелюк, Н. В. Реконструкция железных дорог : учеб. пособие / Н. В. Довгелюк, Г. В. Ахраменко, В. А. Вербило. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 339 с.