

НА ПУТИ К ЭФФЕКТИВНОСТИ

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УСТРОЙСТВА ПЕРИЛЬНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ НА МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЯХ

Можно выделить четыре направления использования полимерных композиционных материалов (ПКМ) в транспортном строительстве:

1) применение ПКМ при изготовлении целых транспортных сооружений или их элементов (пролетных строений, плит проезжей части, тротуарных настилов, водопрпускных труб и т. д.);

2) применение неметаллической композитной арматуры для армирования бетонных конструкций транспортных сооружений и конструкций из других материалов, включая применение и трубчатой наружной арматуры;

3) применение ПКМ для усиления существующих металлических и железобетонных конструкций транспортных сооружений;

4) применение ПКМ в малонагруженных изделиях и конструкциях (перильные ограждения, водоотводные лотки, мачты освещения и т. д.).

Первым трем направлениям использования ПКМ уделяется довольно большое внимание в современных публикациях. А вот к направлению, связанному с применением ПКМ для изготовления малонагруженных конструкций

транспортных сооружений, в частности перильных ограждений, внимания недостаточно.

Полимерные композитные материалы могут широко применяться для изготовления полнокомпозитных конструкций перильных ограждений и страховых ограждений для пешеходов (рис. 1, 2). Также ПКМ могут применяться для изготовления полнокомпозитных конструкций лестничных сходов, смотровых ходов, пандусных сходов (рис. 3, 4, 5). Еще одно направление применения ПКМ – откосные водоотводные лотки для дорог и подвесные водоотводные лотки для мостов



Рис. 1. Перильные ограждения

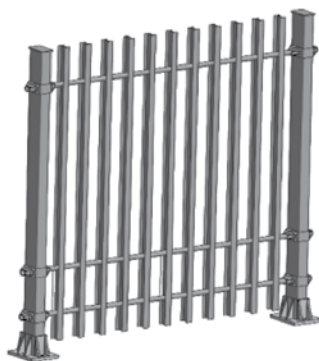


Рис. 2. Страховые ограждения

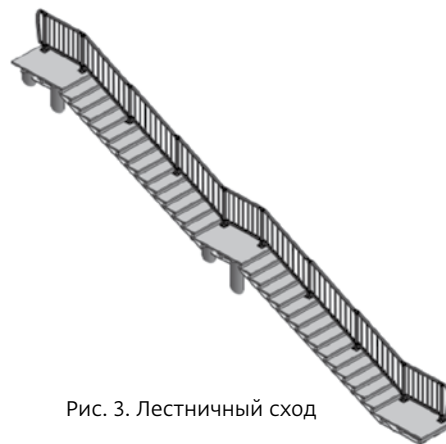


Рис. 3. Лестничный сход



Рис. 4. Смотровой ход

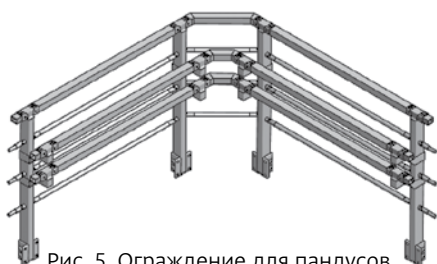


Рис. 5. Ограждение для пандусов

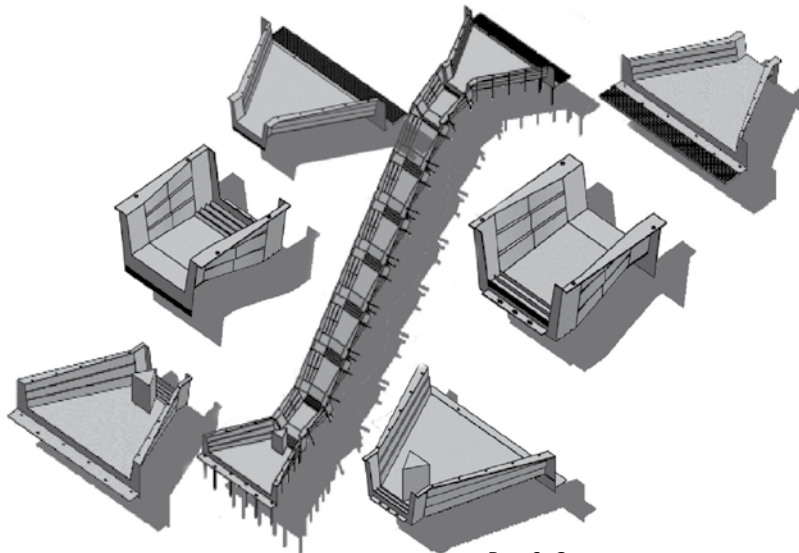


Рис. 6. Откосные водоотводные лотки

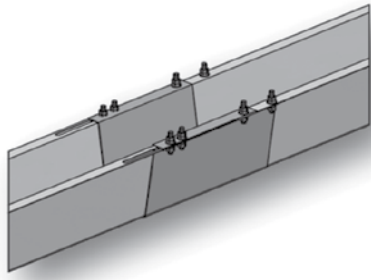


Рис. 7. Подвесные водоотводные лотки

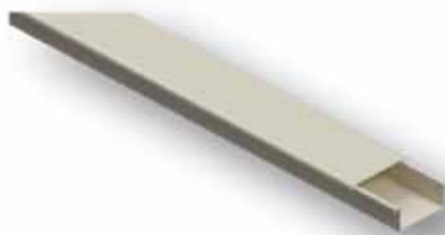


Рис. 8. Короб для кабелей



Рис. 9. Ограждение пешеходных зон

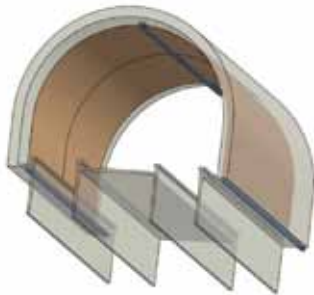


Рис. 10. Облицовочные панели



Рис. 11. Две линии пултрузии мощностью 6 и 12 тонн.

(рис. 6, 7). Из ПКМ могут также изготавливаться короба для электрокабелей, ограждения пешеходных зон, облицовочные панели (рис. 8, 9, 10).

Все эти изделия выпускаются ООО «ПГМ – Городское Пространство» (www.pgmsl.ru), которое является и разработчиком, и производителем, и поставщиком полнокомпозитных конструкций, применяемых на объектах строительства и реконструкции автомобильных и железных дорог, а также в гражданском и промышленном строительстве. Продукция компании защищена рядом патентов. На рис. 11, 12 приведена технология производства. Усовершенствование конструкций перильных ограждений из ПКМ позволило: увеличить срок эксплуатации за счет исключения металлических соединительных элементов и сверления профиля; упростить и ускорить сборку и



Рис. 12. Линия по производству композитного листа, профильного листа и водоотводных подвесных лотков

замену элементов конструкций; повысить показатель негорючести; снизить логистические затраты; снизить трудозатраты; снизить стоимость конечного продукта (рис. 13, 14, 15). Улучшение формулы полимерной смеси и усовершенствование дизайна конструкции

позволило полностью избавиться от металлических элементов путем использования композитного анкера и двухкомпонентного

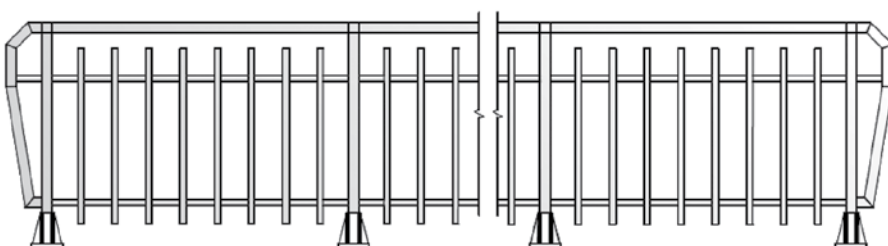


Рис. 13. Первоначальный вариант перильного ограждения (2012–2014 годы)

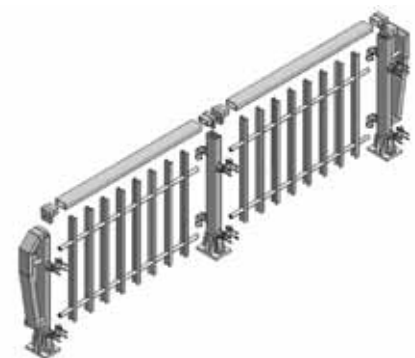


Рис. 14. Усовершенствованная конструкция перильного ограждения (2014–2016 годы)

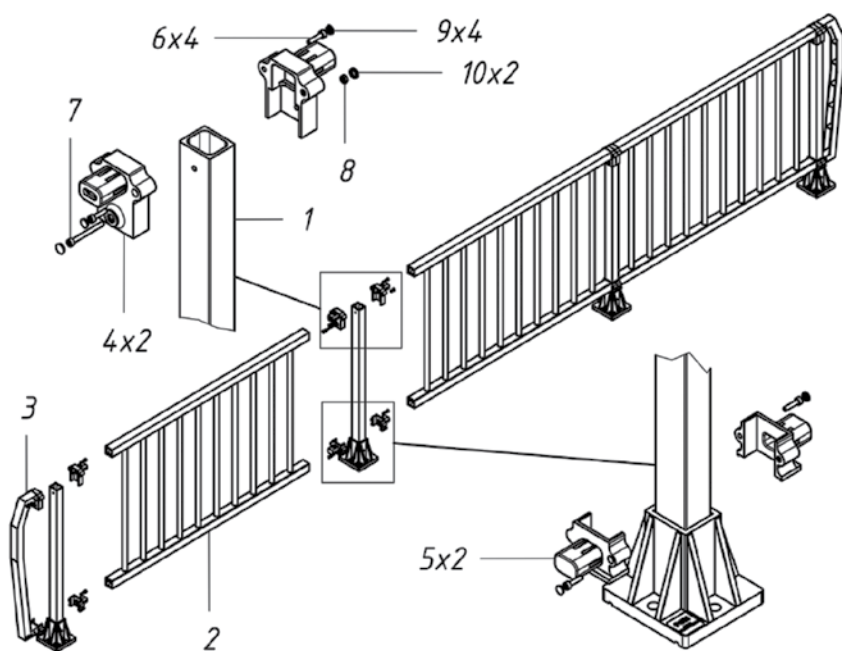


Рис. 15. Усовершенствованная конструкция перильного ограждения (2017 год)

клея. Представляет интерес сравнение стоимости погонного метра металлических, гибридных и полимерных композитных перильных ограждений (табл. 1).

Как видно, стоимость изготовления и последующей установки перильных ограждений практически одинакова для разных материалов. Но сравним эксплуатационные расходы на применение перильных ограждений из этих материалов (табл. 2). При определении цен учитывались расходы на материалы, спецтехнику, антикоррозийное покрытие, трудозатраты, пескоструйную обработку каждые шесть лет (распределенную) и покраску (Приложение № 2 к

Приказу Минтранса России от 01.11.2007 № 157 «Периодичность проведения видов работ по содержанию автомобильных дорог общего пользования федерального значения»). Замена металлических ограждений – каждые 8–12 лет, гибридных ограждений – каждые 15 лет. Полная замена металлических перильных ограждений производится в составе работ по ремонту искусственного сооружения (согласно «Классификации работ», утвержденной Приказом Минтранса РФ № 160 от 12.11.2007). Сравнение показывает, что к 15-му году эксплуатационные расходы на перильные ограждения из ПКМ будут в 9 раз ниже, чем на металлические перильные ограждения,

и в 6 раз ниже, чем на гибридные ограждения.

Интересно также проследить отношение нормативных документов к конструкциям из ПКМ. Если ГОСТ 33119-2014: допускает применение металлических элементов, узлов и крепежей, которые ухудшают антикоррозийные свойства полимерных композитных конструкций; допускает исполнение многочисленных отверстий; указывает продолжительность эксплуатации – 100 лет (что вообще-то необоснованно); предусматривает категорию горючести Г2, то есть ГОСТ не учитывает основные специфические характеристики полимерных композитных материалов, то более современный стандарт организации (СТО Автодор 2.24-2016. Рекомендации по проектированию, строительству и эксплуатации композитных конструкций: ограждений, лестничных сходов, смотровых ходов и водоотводных лотков искусственных дорожных сооружений на автомобильных дорогах государственной компании «Автодор»): исключает применение металлических элементов; требует технических решений без сверления профилей, особенно в несущих элементах; строго регулирует исполнение отверстий; указывает продолжительность эксплуатации не менее 50 лет; гарантийный срок на конструкции – 15 лет; указывает категорию горючести не ниже Г1.

Важно отметить, что на сегодняшний день стоимость новой, усо-

Материал		Металлические конструкции	Гибридные конструкции	Конструкции из ПКМ
Эксплуатационные затраты на 1 пог. м за период (рубли)	6 лет	3 118	1 891	1 287
	12 лет	29 973	8 108	3 219
	15 лет	40 727	27 086	4 523
	24 года	114 383	39 115	10 471

Табл. 1

Материал	Стоимость ограждения с доставкой до объекта, руб./п.м.	Установка и дополнительные работы, руб./п.м.	Стоимость ограждений с установкой, руб./п.м.
металл с глубокой оцинковкой	4800	1480	6280
гибридные	5160	960	6120
полимерный композитный	5847	320	6147

Табл. 2



Рис. 16. Отклонение оси перильного ограждения от проектного положения в плане



Рис. 17. Отклонение от проектного положения в профиле (опускание на 2,5 см)



Рис. 18. Отклонение стойки перильного ограждения от вертикальной оси

вершенствованной конструкции, разработанной и запущенной в серийное производство в 2017 году (рис. 15), с доставкой до объекта строительства, составляет 4200 руб./п. м. Это показывает, что за период в пять лет была усовершенствована конструкция перильных ограждений, увеличен срок ее службы, сокращены затраты на содержание в период жизненного цикла перильных ограждений из ПКМ, достигнуто существенное снижение себестоимости конструкции (в полтора раза). Тем самым не только достигнута кон-

курентная стоимость, но при этом стоимость перильных ограждений из ПКМ практически сравнялась со стоимостью металлических ограждений.

Как видно, приведенная информация говорит в пользу эффективности применения перильных ограждений из ПКМ. Однако в процессе применения перил из ПКМ обнаружился ряд проблем, на которых мы хотели бы остановиться. Дело в том, что мало изготовить качественные изделия из ПКМ – необходимо еще правиль-

но, с соблюдением всех особенностей технологии, смонтировать их на мостовых сооружениях.

При этом следует учитывать, что если металлические перильные ограждения допускают довольно значительные деформации (что компенсирует неточности, допускаемые при их монтаже), то перильные ограждения из ПКМ значительно более чувствительны к неточностям их монтажа на мостовых сооружениях. И потому недостаточно квалифицированная и неточная их установка в проектное положение (недостаточно полное выполнение инструкции по монтажу) может привести к появлению дефектов, которые значительно сократят срок их надежной эксплуатации. Чтобы не быть голословными, приведем примеры дефектов, которые были обнаружены после незначительного срока эксплуатации перильных ограждений.

1) Довольно часто встречающимся дефектом является отклонение оси перильных ограждений от проектной горизонтальной оси на мостовом полотне (рис. 16). В результате при установке в кон-



Рис. 19. Небрежный монтаж перильного ограждения, приведший к повреждению поручня, нарушению стыковки элементов



Рис. 20. Неплотное соединение элементов и соединение с натягом, приведшее к появлению трещины в поручне



Рис. 21. Неплотное прилегание к плите проезжей части и осевое вертикальное и горизонтальное отклонение

струкции перильного ограждения создается начальное напряженно-деформированное состояние, приводящее под влиянием вибрации к появлению и развитию трещин и отрицательно сказывающееся на долговечности конструкции.

2) Еще один вид дефекта: отклонение от проектного положения в профиле и не выдержанный размер по длине (рис. 17), в результате чего нарушается горизонтальность расположения поручней; также могут появиться трещины при вибрации.

3) Кроме того, довольно рядовым дефектом является отклонение стоек перильного ограждения от вертикальной оси (рис. 18). На первый взгляд, это незначительный дефект, но мостовое полотно при проезде автомобилей динамически деформируется, что может привести к увеличению раскачивания стоек и созданию дополнительных напряжений в зоне их заделки и в элементах крепления, что также под действием вибрации может привести к образованию трещин, а в последующем – к разрушению конструкции.

4) К часто встречающимся дефектам относится нарушение целостности конструкции перильного ограждения при монтаже, что является следствием некачественной стыковки элементов, отсутствия соединительных элементов поручня и других элементов перильного ограждения при монтаже (рис. 19).

5) Некачественная стыковка элементов перильного ограждения при монтаже, приводящая при деформировании мостового полотна при проезде автомобилей к пере-

мещению элементов относительно друг друга, а также к созданию нерасчетных напряжений в конструкции (рис. 20).

6) Тройной дефект: неплотное прилегание опорной стойки к мостовому полотну, осевое вертикальное и горизонтальное отклонение, а также некачественная стыковка элементов при вибрации приводят к разрушению как элементов основания, так и стыковочных элементов (рис. 21).

7) Отсутствие гаек на шпильках, крепящих стойку к основанию, что приведет к быстрому разбалтыванию крепления (рис. 22)

Заключение

В статье приведены современные конструкции перильных ограждений из полимерных композитных материалов без металлических элементов, показана их экономическая эффективность. Также рассмотрены характерные дефекты перильных ограждений, причиной которых является нарушение технологии и инструкции по монтажу, причем почти все эти дефекты характерны именно для перильных ограждений из полимерных композиционных материалов. Перильные ограждения устанавливаются на мостовом полотне мостового сооружения, которое в процессе работы подвергается динамическому нагружению проходящим транспортом, в силу чего перильные ограждения в процессе эксплуатации также подвергаются динамическому нагружению через зону контакта стоек с мостовым полотном. В результате имеющие



Рис. 22. Отсутствие гайки на шпильке, а также соединение элементов с натягом, что приводит к образованию трещин и впоследствии к разрушению конструкции

место дефекты интенсивно развиваются, что приводит к раннему выходу перильных ограждений из строя. Характерно, что основной проектной нагрузкой при расчете перильных ограждений является нагрузка от пешеходов, а вот разрушение их при дефектах монтажа происходит от динамического воздействия колеблющегося мостового полотна. Поэтому вопросу правильного монтажа перильных ограждений, производимого с соблюдением всех особенностей технологии, необходимо уделять повышенное внимание.

Б.Б. Мандрик-Котов,

д-р транспорта РАТ,

И.И. Овчинников,

канд. техн. наук, доцент,

эксперт РАТ,

И.Г. Овчинников,

д-р техн. наук, профессор,

академик РАТ