

Посадочная платформа НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ

Использование прогрессивного конструкционного материала — пластика, армированного стекловолокном, позволило разработать и применить инновационную конструкцию посадочных платформ модульного типа, которые можно сооружать в короткое время без необходимости в использовании тяжелых строительных машин и механизмов и без перерывов в движении поездов. Эта концепция применима также для удлинения (или расширения) существующих платформ без больших капитальных вложений.

Новая конструкция посадочных платформ, получившая название MBS 2001, была разработана специалистами Инженерного бюро NTG Ingenieurbüro für Bauwesen (г. Шверин, Германия), занимавшимся данной проблемой начиная с 2000 г.

Основной целью стало создание концепции объектов инфраструктуры, строительство которых можно осуществлять без помех для движения поездов. Длительные сроки строительства, неизбежность снижения скорости проходящих поездов или необходимость в предоставлении окон в настоящее время, особенно на линиях с плотным движением, постепенно становятся неприемлемыми. Кроме того, немаловажным было также уменьшение строительной стоимости и расходов на текущее содержание. Исходя из этих соображений велись поиски материалов и технологий, позволяющих минимизировать массу конструктивных элементов и обеспечить высокие темпы работ по их изготовлению и сборке.

В качестве такого материала был выбран пластик, армированный стекловолокном (стеклопластик, GRP). NTG получило опыт применения этого материала при возведении в 2002 г. пешеходного моста через железнодорожные пути станции Шверин, первого объекта инфраструктуры такого рода в Германии, изготовленного из сборных стеклопластиковых элементов. Этот мост выполняет свои функции и в настоящее время.

Первый успех стимулировал к дальнейшему развитию данной концепции, в результате чего была создана конструкция посадочной платформы, на которую были оформлены соответствующие документы в германском ведомстве по защите интеллектуальной собственности; свидетельство о регистрации этой конструкции в качестве полезной модели уже получено, решения о выдаче патента на момент публикации статьи-источника (середина 2007 г.) еще не было. Первая платформа из стеклопластика была построена на остановочном пункте Грааль-Мюриц-Коппельвег.

Стеклопластик как конструкционный материал

Изготовление и структура

Для изготовления изделий из стеклопластика используется метод экструзии. Это непрерывный технологический процесс, в ходе которого усиливающие нити стекловолокна интегрируются в матрицу в виде массы терморективной смолы, и смесь подается в подогреваемую пресс-форму соответствующих размеров и конфигурации. В

этой пресс-форме происходит запекание и отверждение смолы. Затем с помощью экстрактора готовый стеклопластик выдавливается из пресс-формы в виде непрерывной полосы желаемого профиля, которую режут на куски требуемой длины.

Подобные изделия из стеклопластика, рассчитанные на восприятие разнонаправленных нагрузок, снабжаются, кроме того, продольными и поперечными элементами усиления в виде покрытий-оберток из сетчатого нетканого материала (по большей части из стеклоткани), привулканизированных или приклеиваемых к основному профилю.

Свойства и преимущества

Экструдированные профили можно соединять друг с другом для получения конструкций требуемой конфигурации, способных выдерживать эксплуатационные нагрузки. Такие конструкции обладают рядом свойств, придающих им несомненные преимущества перед конструкциями из традиционных материалов (металла и железобетона). К числу достоинств конструкций из стеклопластика относятся:

- неподверженность коррозии;
- неподверженность воздействию окружающей среды;
- неподверженность воздействию ультрафиолетового излучения и химических реагентов;
- неподверженность воздействию электромагнитных полей;
- хорошие противопожарные свойства (неподверженность воздействию открытого пламени, способность к самогашению, отсутствие каплепадения расплавленного материала и т. п.);
- электроизолирующая способность;
- высокая механическая прочность;
- высокая сопротивляемость ударным нагрузкам;
- малая относительная масса при равной механической прочности;

- широкий температурный диапазон эксплуатации (от -100 до $+180$ °С);
- хорошая обрабатываемость (возможность сверления, распиловки, зачистки поверхности и т. п.);
- простота сборки;
- возможность нанесения декоративных (любого цвета) и нескользящих покрытий;
- большой срок службы;
- малые расходы на текущее содержание и уход.

Механические характеристики

Механические характеристики изделий из стеклопластика зависят от выбранного сочетания компонентов с присущими им, в свою очередь, характеристиками. К числу факторов, определяющих прочностные характеристики, относятся тип стекловолокна, толщина и ориентация нитей армирования; к числу факторов, определяющих прочие эксплуатационные характеристики, — тип образующей матрицы смолы, ее химические, теплофизические и электроизоляционные свойства.

Механические характеристики профильных изделий из стеклопластика (в данном случае с точки зрения эксплуатационных нагрузок, классифицируемых по категории E23) должны удовлетворять требованиям европейского стандарта EN 13706. Помимо конкретных количественных параметров, этим стандартом предписывается, в частности, обеспечение полной связности матрицы и элементов усиления, а также соблюдение закона Гука.

Расчеты

Концептуальные расчеты механических нагрузок и, соответственно, напряжений в элементах конструкции из стеклопластика выполняли по методу так называемых частных факторов безопасности, который используется, в частности, при расчете конструкций

из металла и железобетона. Документационной основой расчетов служили стандарт DIN 1055:2005 и технический отчет DIN 101. Величины, характеризующие прочность и сопротивляемость, оценивали в соответствии с упомянутым выше европейским стандартом EN 13706 для профильных изделий из стеклопластика категории E23. Изготовитель или поставщик должен гарантировать выполнение требований этих руководящих документов; кроме того, должны быть проведены сертификационные испытания с привлечением независимо аккредитованного органа.

В данном случае для расчетов профильных изделий из стеклопластика и определения их размерных параметров была принята методика, получившая название Eurocomp Design Code. В отсутствие официальных указаний, относящихся к новому материалу, результаты расчетов были утверждены в разовом порядке применительно к конкретным условиям эксплуатации.

Размерные параметры конструктивных элементов посадочной платформы определяли исходя из ограничений, накладываемых требованиями к несущей способности и устойчивости. При этом в количественном выражении несущей способности, с тем чтобы фактические эксплуатационные нагрузки на конструкцию соответствовали ей, согласно действующим требованиям, сформулированным в упомянутой выше методике, учитывали частные коэффициенты безопасности структуры (γ_G и γ_Q) и материала (γ_m).

В принятой для расчетов формуле

$$S_d = \gamma_G G + \gamma_Q Q < R_d = R_k / \gamma_m$$

величины частных коэффициентов безопасности структуры равны:

$\gamma_G = 1,35$ — для неблагоприятных условий эксплуатации с присутствием дестабилизирующих воздействий;

$\gamma_Q = 1,00$ — для благоприятных условий эксплуатации в отсутствие дестабилизирующих воздействий;

$\gamma_Q = 1,50$ — при нагрузках, меняющих величину, место и направление приложения;

$\gamma_Q = 1,35 = 1,50 \cdot 0,9$ — при сочетании разных условий нагружения, а величины частных коэффициентов безопасности материала, входящих в выражение

$$\gamma_m = \gamma_{m1} \gamma_{m2} \gamma_{m3} \gamma_{m4},$$

равны:

$\gamma_{m1} = 1,15$ — для экструдированных профилей;

$\gamma_{m2} = 1,10$ — для запеченного материала, полностью отверждающегося в процессе эксплуатации;

$\gamma_{m3} = 1,00$ — при температуре тепловой деформации, равной 100 °С;

$\gamma_{m4} = 1,00$ — для эксплуатации в температурном диапазоне от -20 до $+60$ °С в условиях сухого климата (изделие почти всегда остается сухим и увлажняется только при атмосферных осадках) и кратковременных нагрузок (как это имеет место для остановочных пунктов, когда прерывисто-переменяющаяся нагрузка присутствует только во время прохода поездов).

Несколько округляя, величину частного коэффициента безопасности материала γ_m можно считать равной $1,30$, но было решено увеличить ее до $1,70$ в целях перестраховки и исходя из рекомендаций изготовителя профильных изделий из стеклопластика. Кроме того, величина деформаций конструктивных элементов (в данном случае несущих балок из стеклопластика) по причине нагрузок, не учтенных при рассмотрении частных коэффициентов безопасности, по размеру конструкций, выполненных из стальных балок, была ограничена $1/300$ величины пролета балки.

Проектирование и сооружение

Отправным пунктом при проектировании посадочной платформы был выбор профильных конструктивных элементов из стеклопластика, поставляемых компаниями-изготовителями. Одним из послед-

ствием этого стало уподобление новых GRP-структур традиционным стальным структурам, и такой подход в принципе оправдан исходя из практических и экономических соображений, поскольку разрабатываемый объект был пилотным и не имевшим в то время прецедентов.

Предусматривалось использование изделий новой конфигурации, но изделия нужного профиля могли быть получены только после изготовления соответствующих пресс-форм, прошедших необходимую процедуру одобрения к применению.

Поперечный разрез предложенной посадочной платформы (вернее, двух платформ по обе стороны пути) приведен на рис. 1.

Когда требуемые профильные изделия из стеклопластика были получены, с их использованием соорудили несущую структуру в виде опорной рамы из продольных и поперечных балок (в данном случае — для платформы, расположенной с одной стороны пути) на трубчатых полых сваях, также изготовленных из стеклопластика (рис. 2). Эти сваи заглублялись в грунт или погружением в заранее выполненные колодцы, или вибрационным методом (в зависимости от характеристик грунта в конкретном месте), а затем внутрь заливался цементный раствор.

На раму сверху уложили панели настила, полностью закрывшие ее; на виду остались только кромочные профильные элементы, окаймляющие раму по всей длине со стороны пути, а также гнезда для установки вертикальных стоек ограждения с полевой стороны и по торцам рамы. После этого к раме со стороны пути и по торцам были прикреплены сетчатые стеклопластиковые «юбки», выполняющие как защитные, так и декоративные функции.

Из стеклопластика были изготовлены также все элементы ограждения, лестницы и пандусы для входа на платформу и легкий павильон-укрытие для пассажиров, ожидающих прибытия поез-

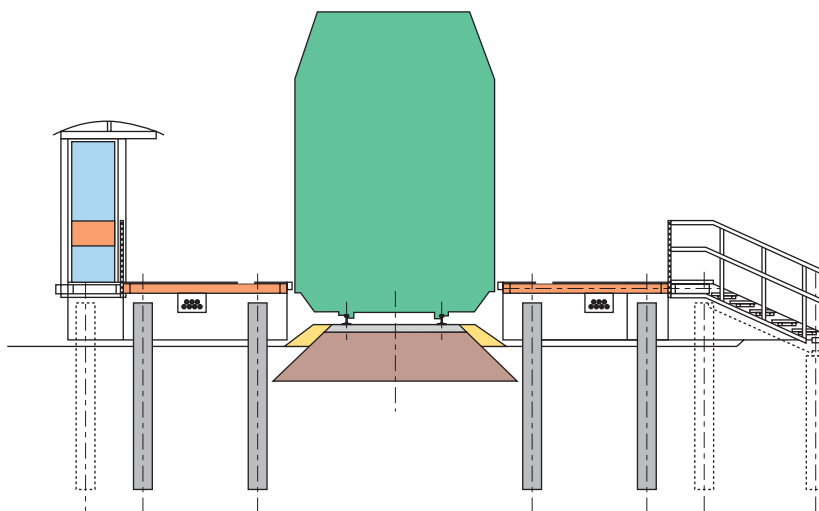


Рис. 1. Поперечный разрез посадочной платформы

да. Боковые и задняя стены павильона выполнены из прочных полупрозрачных панелей с сетчатой арматурой, прочность поверхности которых достаточна для предотвращения повреждений из-за проявлений вандализма. Крыша павильона представляет собой единый конструктивный элемент из многослойного стеклопластика. Внешний облик платформы создаст впечатление простоты и легкости (рис. 3 и 4).

Реализация проекта

Остановочный пункт Грааль-Мюриц-Коппельвег расположен на участке Рёверсхаген — Остзебад-Мюриц длиной 10,8 км, ответвляющемся от магистральной линии Росток — Штральзунд в федеральной земле Мекленбург — Передняя Померания на северо-востоке Германии. Этот однопутный участок был в свое время закрыт на реконструкцию, и движение поездов здесь было возобновлено в 2004 г. с максимальной скоростью 80 км/ч.

Региональные власти хотели улучшить транспортное обслуживание населения прилегающего к участку района, а также посещающих его туристов. Именно в этих целях был обустроен указанный остановочный пункт. После интенсивных переговоров с местной



Рис. 2. Общий вид несущей рамы



Рис. 3. Общий вид платформы



Рис. 4. Павильон-укрытие

железнодорожной администрации было решено соорудить на этом остановочном пункте посадочную платформу типа MBS 2001 в порядке реализации пилотного проекта.

Основные технические требования, заложенные в проект, предусматривали:

- длину платформы — 100 м;
- ширину платформы — 2,75 м;
- высоту платформы — 550 мм над УГР.

Дополнительные требования включали оснащение платформы павильоном-укрытием с тремя местами для сидения, урной для мусора, расписанием движения поездов и билетопечатающей машиной, а также стеллажом для хранения велосипедов и контейнером для песка и гранитной крошки, использование которых предписано в зимнее время.

Исходя из местоположения остановочного пункта было определено, что большинство пассажиров приходит сюда пешком, поэтому доступ на платформу обеспечивается с помощью лестницы; однако предусмотрена возможность заезда инвалидов колясок или, например, автомобилей скорой помощи по специальной рампе.

Для окончательного принятия проекта было, в частности, необходимо получить одобрение ассоциации, представляющей интересы лиц с ограниченными физическими возможностями и ослабленным зрением. Эта ассоциация выдвинула ряд предложений, в соответствии с которыми настил платформы был снабжен тактильными направляющими и предупредительными обозначениями края платформы, выполненными в виде выступающих из плоскости настила выпуклостей. Кроме того, в течение всех этапов проектирования

и реализации поддерживался контакт с местными общественными объединениями.

Эскизный проект был представлен в подразделение станций и обслуживания пассажиров Федеральных железных дорог Германии (DB Station & Service). После того как в проект были внесены необходимые коррективы, его в окончательном варианте направили в Федеральное бюро железнодорожного транспорта (EVA) через территориальное агентство по региону Шверин — Гамбург.

Поскольку проект содержал инновационные технические решения по материалу и конструкции, потребовалась также его внутренняя сертификация в руководящих органах DB.

Официальная рабочая документация по проекту с подробным описанием и результатами расчетов была подготовлена с участием консультативной компании Leonhardt, Andrä & Partner. После ее рассмотрения EVA 1 сентября 2006 г. решило реализовать проект в качестве пилотного.

Финансирование проекта осуществляло министерство экономики федеральной земли Мекленбург — Передняя Померания.

В результате нескольких раундов переговоров реализация проекта посадочной платформы из стеклопластика была поручена компании Composite Technologie Systeme (CTS) из Гестхахта и местной компании Dau.

После подписания контракта все партнеры по проекту разработали план-график работ с указанием конкретных сроков завершения их отдельных этапов. Особое внимание было уделено унификации конструктивных элементов, с тем чтобы обеспечить возможность максимального применения

стандартизированных профилей. В сущности, единственными изделиями, которые изготавливались в индивидуальном порядке, были панели платформенного настила с выпуклостями.

Успешное окончание работ по сооружению платформы позволило спрогнозировать расширение масштабов использования данной технологии. Так, по общему мнению, конструктивные элементы из стеклопластика, помимо сооружения легких и быстровозводимых новых посадочных платформ, можно применять и в других местах, где планируется:

- удлинение существующих платформ при вводе в обращение поездов увеличенной длины;
- временное расширение существующих платформ в случае проведения каких-либо мероприятий, сопровождающихся большим наплывом посетителей и, следовательно, резким увеличением пассажиропотока;
- замена имеющихся на существующих платформах настилов и покрытий или увеличение их высоты относительно УГР;
- сооружение временных платформ на время выполнения строительных и т. п. работ;
- усиление кромок существующих платформ.

В процессе работы над проектом выявились некоторые направления совершенствования принятой технологии. Рассматривается, например, возможность интеграции в покрытие настила мелкой крошки натурального камня в целях предотвращения проскальзывания обуви в зимнее время и удлинения срока службы покрытия.

К.-Н. Winter et al. Railway Technical Review, 2007, № 3, p. 22–26.

ПОПРАВКА

В статье «Семейство универсальных поездов Protos», опубликованной в журнале «Железные дороги мира», 2007, № 9, с. 52–58, допущена неточность в названии компании — разработчика поездов. Правильное название компании — FTD Fahrzeugtechnik Dessau AG. Редакция приносит извинения читателям.