

Лю Бинлэй

магистр  
строительные материалы и технологии  
Российский университет транспорта

## «ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШПАЛ-МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ ПОДРЕЛЬСОВЫХ ОСНОВАНИЙ»

***Аннотация.** Данное исследование представляет обзор технологий изготовления металлических шпал, являющихся важным элементом инфраструктуры железнодорожного транспорта. Рассматриваются современные методы проектирования и производства, начиная с концепции формы и размеров, а заканчивая инновационными процессами, такими как холодная однократная штамповка. Освещается история развития металлических шпал и их преимущества перед традиционными материалами. Исследование также выделяет роль металлических шпал в повышении устойчивости и долговечности железнодорожных путей.*

***Ключевые слова.** металлические шпалы, подрельсовые основания, технологии изготовления, инфраструктура железнодорожного транспорта, долговечность, стойкость, холодная штамповка.*

***Abstract.** This study provides an overview of the technologies for manufacturing metal sleepers, an essential component of railway infrastructure. Modern methods of design and production are discussed, starting from the concept of shapes and sizes to innovative processes such as cold single-piece stamping. The historical development of metal sleepers and their advantages over traditional materials are highlighted. The study also emphasizes the role of metal sleepers in enhancing the stability and durability of railway tracks.*

***Keywords.** metal sleepers, under-rail foundations, manufacturing technologies, railway infrastructure, durability, resilience, cold stamping.*

В мире железнодорожного транспорта технологии изготовления шпал претерпевают постоянные изменения и совершенствования, направленные на увеличение долговечности, стойкости к воздействию природных факторов, а также обеспечение устойчивости и безопасности движения поездов. Среди различных типов шпал особое внимание уделяется металлическим конструкциям подрельсовых оснований, представляющим собой эффективное решение для определенных условий эксплуатации. В данном обзоре рассмотрены современные технологии изготовления металлических шпал, а также их применение и преимущества.

Развитие металлических шпал от корпорации Nippon Steel началось в 1982 году, когда компания провела проект по производству шпал для

экспорта на зарубежные горные железные дороги. В январе 1984 года началось производство прокатом стальных шпал для легких осевых нагрузок (осевая нагрузка  $P=18-25$  т). В июле 1985 года в рамках отдела по технологиям строительства и оборудования была создана железнодорожная группа разработки для запуска проекта "Исследование структуры пути с длительным сроком службы", который завершился в 1988 году. Технический отчет UDC 625 . 142 . 3 "История стальных шпал и последние разработки" Хироки Ямада, Кодзи Ооба, Томонори Томинага, Хироши Уэда, Кэй Кавабата, Нобухито Ногучи, Тэцуро Саката, Хидетоси Сусуки. Разработка стальных железнодорожных шпал, выпускаемых корпорацией Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation и Nippon Steel & Sumikin Texeng.Co.,Ltd., началась в 1982 году в качестве экспортного продукта для иностранных горных железных дорог. Форма текущих шпал в основном разработана на основе формы и метода проектирования стальных шпал в Европе и Америке, но была усовершенствована на основе количественных исследований по вопросам безопасности и долгосрочной производительности службы. Также было проведено исследование крепежных устройств для улучшенной удобства использования и экономичности. В отчете рассматривается история развития стальных шпал и представлены последние оптимизации стальных тяжеловесных шпал, применяемых на железнодорожных путях сталелитейных заводов. С тех пор, с улучшениями различных частей, включая крепежные устройства с 1992 года, проводившиеся в целях расширения продаж в группу JR и другие частные компании, мы продолжаем разработку технологий. Запуск комитета по улучшению/разработке структуры переводных путей для тяжелых осевых нагрузок и его результаты разработки История разработки стальных шпал в NSC начинается с комитета по исследованию улучшения/разработки подструктуры переводных путей для тяжелых осевых нагрузок, созданного в июле 1979 года. Чтобы удовлетворить потребности в технической поддержке

и сотрудничестве по строительству и реконструкции железных дорог в различных странах за границей, сталепрокатные и производственные отрасли страны должны были приобрести опыт. В этой ситуации деятельность комитета была стимулирована с целью применения стальных шпал к переводам для железнодорожных вагонов с тяжелой осевой нагрузкой, а также к обычным путям. Головной офис комитета был создан в ассоциации инженеров железных дорог Японии, членами которой были Японские национальные железные дороги (далее - JNR), Nippon Steel Corporation, Nippon Kokan Kabushiki Kaisha, Kawasaki Steel Corporation и Японская ассоциация производителей переводных путей. Комитет активно проводил исследования и разработки на основе данных, полученных как в Японии, так и за границей, путем изучения состояния установки и использования стальных шпал и анализа результатов исследований фактических условий в участках строительства железных дорог. О завершении этих деятельности было сообщено в отчете "Исследование улучшения/разработки переводных путей с тяжелой осевой нагрузкой" в марте 1983 года. Базовые концепции, используемые для определения условий проектирования и допускаемого напряжения стальных шпал, следующие. Проектные нагрузки Изучались два типа стальных шпал: шпалы для легкой осевой нагрузки и тяжелой осевой нагрузки. Для шпал для легкой осевой нагрузки использовалась проектная осевая нагрузка JNR (P=16 т; для линий Шинкансен и обычных железных дорог), а для шпал для тяжелой осевой нагрузки использовалась стандартная осевая нагрузка E80 (P=36 т; для стальных конструкций), используемая Американской ассоциацией инженеров железнодорожного транспорта (AREA) при проектировании мостов. Методы проектирования Использовались метод проектирования шпал РС Японских национальных железных дорог и метод проектирования стальных шпал Федеральных железных дорог Германии (Deutsche

Bundesbahn [далее - D.B.]). Допускаемое напряжение базового материала определялось на основе концепции D.B.

Что касается поперечных форм и размеров стальных шпал, было разработано четыре формы поперечного сечения для шпал легких осевых нагрузок и три формы для шпал тяжелых осевых нагрузок, с учетом форм существующих стальных шпал (в форме перевернутой миски), используемых в различных европейских странах. Для форм и размеров концов стальных шпал проводились испытания бокового сопротивления балласта, и результаты испытаний сравнивались с результатами испытаний шпал РС и деревянных шпал. На основе результатов сравнения были определены высота чертежа, радиус изгиба и градиент изгиба. Вес шпал определялся с учетом веса деревянных шпал, используемых Японскими национальными железными дорогами (60 кг на шпальный блок), с учетом коррозионной запасности 1 мм. На основе вышеописанных условий толщина стальной шпалы для легких осевых нагрузок была установлена на уровне 8 мм, а для тяжелых осевых нагрузок - 11 мм. После рассмотрения различных факторов, включая результаты испытаний предполагаемых стальных шпал, ограничения по изготовлению и стиль упаковки при отправке (при складировании), для каждого типа шпалы была выбрана одна форма. Параллельно с деятельностью вышеупомянутого комитета, NSC начала разрабатывать собственные стальные шпалы, когда к ней обратились в 1982 году две компании, занимающиеся горными железными дорогами: Companhia Vale do Rio Doce (далее "C.V.R.D."), базирующаяся в Бразилии, и British Columbia Mining Railways в Канаде (далее "B.C.R"). Развитие было сфокусировано под эгидой совместной структуры разработки отдела по технологиям строительства и оборудования (далее "PET-B") того времени, Бар Сталевого Инженерного Отдела в Yawata Works (далее "Yawata Bar Steel") и Yawata R&D Lab. (далее "Yawata Lab.") Центральных исследовательских лабораторий. В ходе разработки, основываясь на

проектных условиях, предложенных каждой компанией в ходе дискуссий, было определено допустимое напряжение материалов стали с учетом прошлых исследований JNR и D.V., и были рассмотрены поперечные свойства, необходимые для шпал.

Ориентируясь на прошлые исследования JNR и D.V., NSC определила допустимую напряженность напряжений (изгиб, растяжение и сжатие) материалов стали шпал в соответствии со Стандартом проектирования стальных конструкций Института архитектуры Японии, а также определила допустимую напряженность напряжений, связанную с усталостью, следуя концепции D.V., основанной на DIN (Deutsches Industrie-Norm). Поперечные формы стальных шпал были определены на основе различных значений допустимой напряженности и исследованных необходимых поперечных свойств. Окончательные основные формы были определены так, чтобы значение, полученное при делении модуля сечения на вес, было максимальным, выбрано из поперечных форм, которые удовлетворяли требуемому модулю сечения согласно формам поперечных сечений, которые исследовала JNR. Кроме того, формы изгибов на концах были проверены в различных внутренних испытаниях, проведенных совместно тремя вышеупомянутыми отделами с 1983 по 1984 год, и высота изгиба с боковым сопротивлением, эквивалентным шпалам РС-3, была установлена на уровне 210 и 170 мм.

В России применение металлических шпал остается довольно редким явлением, основными причинами которого являются их высокая металлоемкость, подверженность коррозии и создание большого шума при движении поездов. Несмотря на эти ограничения, металлические шпалы обладают несколькими преимуществами, что делает их конкурентоспособными на рынке. Преимущества использования металлических шпал включают в себя долгий срок службы, превосходящий сроки службы железобетонных и деревянных шпал. После завершения

эксплуатации металлические шпалы могут быть легко переработаны, что позволяет сохранить до 40% их первоначальной стоимости, они также обладают устойчивостью к гниению, не растрескиваются, выдерживают высокие температуры, что делает их применимыми в различных климатических условиях, включая влажные тропические зоны. Одним из ключевых факторов, который сталкивается с проблемами при транспортировке грузов, являются сходы с рельсов подвижного состава, особенно в связи с уширением железнодорожной колеи. Применение металлических шпал позволяет сократить количество сходов по уширению, обеспечивая стабилизацию ширины колеи. Также следует отметить, что металлические шпалы обладают высокой ремонтпригодностью, в отличие от деревянных и железобетонных шпал, которые часто не подлежат восстановлению после сходов. Металлические шпалы могут быть подвергнуты ремонту и использоваться многократно, что снижает затраты на замену и поддерживает устойчивость инфраструктуры железнодорожного транспорта. В дополнение к железнодорожной инфраструктуре, металлические шпалы также находят применение в доменном и сталеплавильном производстве, где высокие температуры могут быть проблемой для деревянных шпал и железобетонных шпал подвержены расслоению бетона.

Производство металлических шпал в России осуществляется с использованием холодногнутых шпальных профилей из листовых заготовок разной толщины (6 мм, 8 мм, 10 мм) или горячекатаного проката. Разнообразие толщины листа позволяет создавать и эффективно использовать шпалы в зависимости от грузонапряженности конкретного участка железнодорожного пути. Первые металлические шпалы появились в России в 1834 году, а в 1903 году были впервые применены опытные железобетонные шпалы. Металлические шпалы были уложены на Мариупольском участке Донецкой железной дороги, а в 1912 году 135-

километровый путь между станциями Гербы и Кельцы также был выполнен с использованием металлических шпал. Для производства металлических шпал предприятия приобретают листогибочные прессы и гильотинные ножницы. Шпалы из черных металлов обычно прессуются в окончательную форму после прокатки, но могут также собираться путем сварки или склепывания нескольких элементов вместе. Обычно они имеют поперечное сечение в форме буквы «U» или «омега» с очень короткими плечиками. Производство металлических шпал в России соответствует стандартам, таким как NF F50-404-1988 и ТУ 14-2-889-90 для шпал из горячекатаного проката. Существуют различные предприятия, такие как Магнитогорский Metallургический комбинат, «Губкинский ремонтно-механический завод» в Белгородской области, «Днепрспецсталь» в Украине, «Алчевский металлургический комбинат» в Украине и другие, занимающиеся производством металлических шпал. На данный момент доля металлических шпал в общем объеме составляет около 20%, но с каждым годом эта цифра увеличивается. Согласно различным прогнозам, к 2050 году металлические шпалы могут доминировать на железнодорожных путях, это объясняется их долгим сроком службы, прочностью, возможностью ремонта и другими преимуществами, что делает их привлекательным выбором для определенных условий эксплуатации.

Металлические шпалы, в сравнении с аналогами из дерева и железобетона, показывают превосходные результаты в сферах безопасности, стабильности и долговечности, данные преимущества делают их перспективным и важным элементом в обеспечении эффективного функционирования железнодорожной инфраструктуры в различных условиях. С учетом растущей доли металлических шпал на рынке и их перспективного будущего, эта технология продолжит играть ключевую роль в железнодорожном транспорте, обеспечивая стабильность и устойчивость в будущем.

### **Список литературы**

1. Japan Railway Engineers' Association: Heavy Axle Load Turnout/Understructure Improvement/Development Research Report. March 1983
2. Nippon Steel Corporation: Determination Background of the Cross-sectional Design of Steel Sleepers Formed by Rolling and Their Insulation Structure. July 1986
3. ШПАЛЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ДЛЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ КОЛЕИ 1520 мм ГОСТ Р 54747-2011