

## ПОВРЕЖДЕНИЯ СТРУНОБЕТОННЫХ ШПАЛ ТИПА INBK-7D ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА ЭКСПЛУАТАЦИИ

У статті представлено технічну характеристику залізничних, попередньо напружених шпал INBK-7D, які утворилися в шпалах на ділянці залізничної колії після тривалого періоду експлуатації. Визначено причини виникнення пошкоджень шпал.

*Ключові слова:* струнобетонна шпала, експлуатація, пошкодження, напружено-деформований стан

В статье представлено техническую характеристику железнодорожных, преднапряженных шпал INBK-7D, которые образовались в шпалах на участке железнодорожного пути после длительного периода эксплуатации. Определено причины возникновения повреждений шпал.

*Ключевые слова:* струнобетонная шпала, эксплуатация, повреждение, напряженно-деформированное состояние

Technical specifications of INBK-7D TYPE of pre-stressed sleepers and their damages and failure observed along the section of railway track within long exploitation period is presented in the paper. Work also evaluate reasons leading to arising of pre-stressed concrete sleepers failure.

*Keywords:* spring concrete tie, maintenance, damage, deflected mode

### Техническая характеристика шпал INBK-7D

Железнодорожная колея в Польше равна 1435 мм. Струнобетонные железнодорожные шпалы INBK-7D производились в Польше с 1970 года. Техническая характеристика шпал INBK-7D следующая: вес 250 кг, длина 250 см, поверхность опирания на щебеночный балласт

6310 см<sup>2</sup>, напрягающая арматура 8×7φ 2,5 мм. В средней части шпалы при нижней грани на длине 700 мм была уменьшена ширина на 120 мм (ширина подрельсовых частей составляла 300 мм). Уменьшение ширины шпалы на нижней грани способствовало снижению изгибающих моментов в средней части. Шпала INBK-7D представлена на рис. 1.

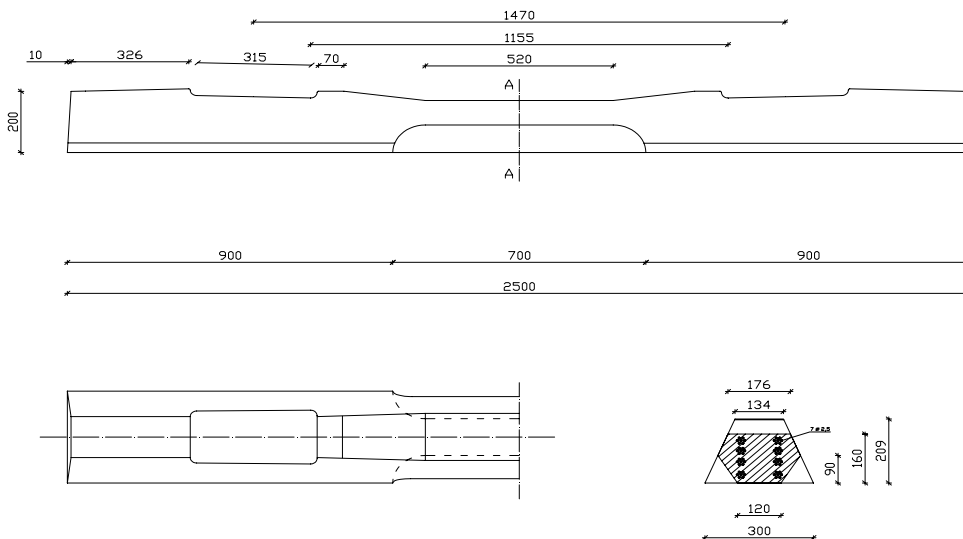


Рис. 1. Струнобетонная шпала INBK-7D

Шпалы INBK-7D проектировали как одиночные балки на упругом основании [2, 3, 4]. Применялись две схемы внешней нагрузки и опирания на балласт. В первой схеме нагрузку составляли две вертикальные силы  $Q = 140$  кН

действующие в подрельсовых сечениях и одна горизонтальная сила  $H = 60$  кН действующая на головку рельса. Шпалы опирались только в подрельсовых фрагментах; – в средней части опирания на балласт не было. Во второй схеме

принимали только вертикальную нагрузку в подрельсовых сечениях, а опирание шпалы на балласт было на всей ее длине, со значительным уменьшением в средней части за счет меньшей ширины основания. Расчетные схемы

и нагрузки, опирания шпалы на балласт и эпюры нормальных напряжений в подрельсовом сечении от напрягающей силы и внешней нагрузки представлены на рис. 2.

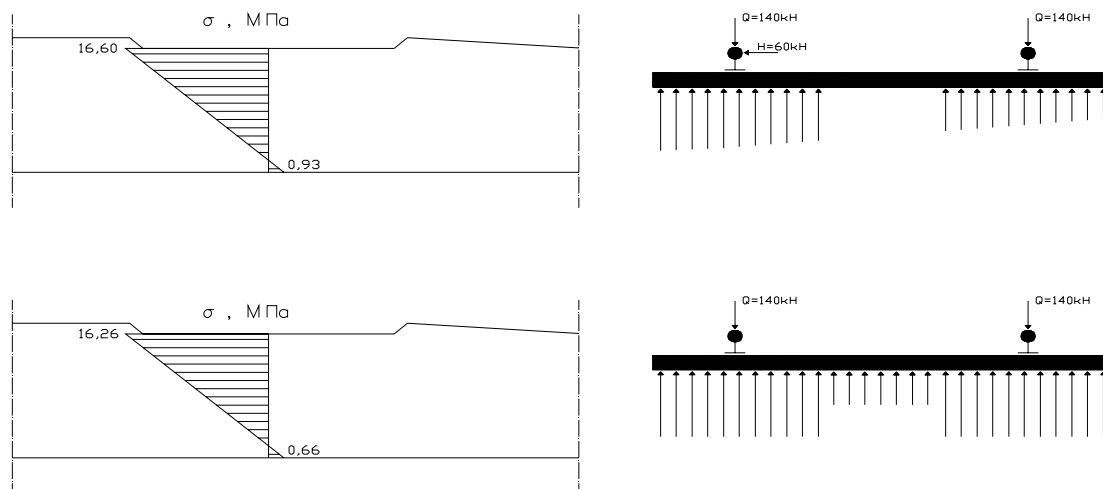


Рис. 2. Расчетные схемы шпалы и эпюры нормальных напряжений в подрельсовом сечении

Уменьшение поверхности опирания шпалы на балласт в средней ее части вызывает уменьшение изгибающего момента в среднем сечении в 3,7 раза по сравнению со шпалой постоянной ширины на всей длине и равномерном опирании на балласт. При уменьшении ширины средней части шпалы незначительно увеличиваются изгибающие моменты в подрельсовых сечениях. Такие изменения образуются при вертикальной нагрузке силами  $P=140$  кН в подрельсовых сечениях. Эпюры изгибающих моментов в шпале при разных поверхностях опирания на балласт представлены на рис. 3

рельсовых сечениях согласно схеме представленной на рис. 4 [6, 7]. Сила нагрузки и реакции опор передавались на шпалу через резиновые прокладки. При расстоянии опор 400 мм сила  $P$ , при которой может образоваться трещина в подрельсовом сечении определялась по формуле

$$P_r = \frac{8M_r}{2L-l},$$

где  $M_r$  – изгибающий момент при котором может образоваться трещина;  $L=400$  мм – расстояние опор;  $l=300$  мм – длина на которой на оси подрельсового участка шпалы распределяется сила  $P_r$

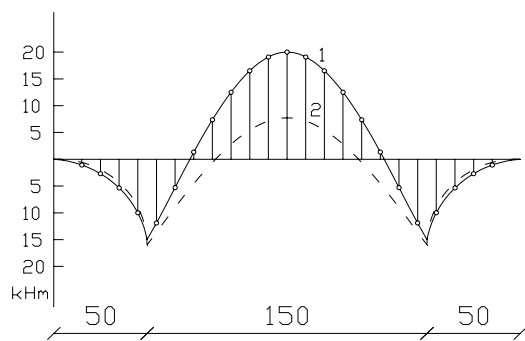


Рис. 3. Эпюры изгибающих моментов в шпале: 1 – при постоянной ее ширине, 2 – для шпал INBK-7D

### Методика испытаний трещиностойкости шпал

Шпалы подвергались испытаниям на трещиностойкость при проверке на изгиб в под-

$$M_r = W_{op} (\sigma_{bv} + 1,7R_{bzk}),$$

где  $W_{op}$  – момент сопротивления;  $\sigma_{bv}$  – нормальные напряжения от преднапряжения на грани, где может образоваться трещина;  $R_{bzk}$  – прочность бетона на растяжение.

В зависимости от величины силы, при которой образовалась трещина в подрельсовом сечении, шпалы зачислялись к одному из трех классов:

I – (250 кН); II – (230 кН); III – (210 кН).

Количество шпал предназначенных к испытаниям на трещиностойкость определялось в зависимости от численности партии производства: до 160; 161...400; 401...1000 штук, соот-

ответственно проверялись 1, 3, 5 штук шпал. В шпале проверялась трещиностойкость в обоих

подрельсовых сечениях. В среднем сечении шпалы на трещиностойкость не проверялись.

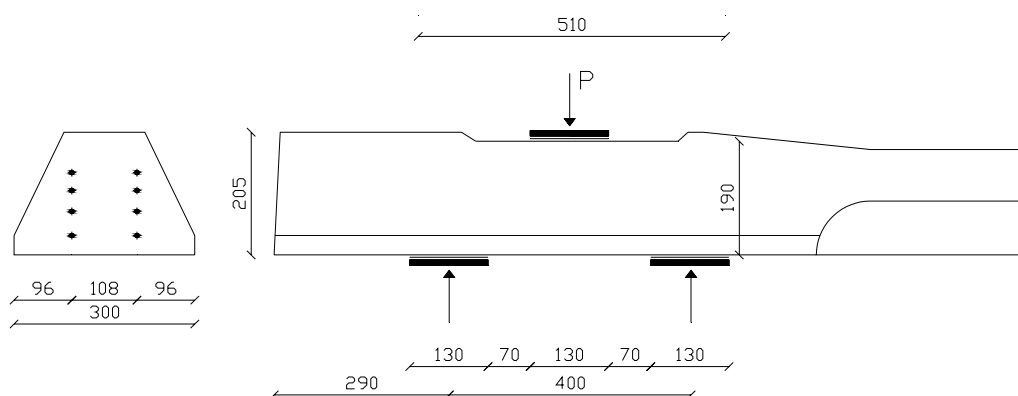


Рис. 4. Схема испытания трещиностойкости подрельсового сечения шпалы

### Эксплуатационные повреждения шпал и причины их возникновения

Износ и различные повреждения железобетонных и преднапряженных шпал охарактеризованы и классифицированы в литературе [1, 5].

Струнобетонные шпалы INBK-7D были изготовлены и уложены в железнодорожный путь в 1975 году и эксплуатируются уже 36 лет.

На участке железной дороги длиной около 2 км проведен анализ повреждений струнобетонных шпал. В шпалах обнаружены различные повреждения, но в большом количестве появились одинаковые. В шпалах INBK-7D образовались поперечные трещины в средней части на верхних гранях. На длине 70 см межрельсового фрагмента шпал появилось несколько поперечных, широко раскрытых трещин (рис. 5).

В некоторых шпалах было даже 6 трещин. Глубина некоторых составляла до 70 мм от верхней грани. При такой глубине трещин половина напрягающей арматуры находилась в трещине и была подвергнута воздействию коррозии. Характер и распределение трещин свидетельствует о том, что образовались они под действием изгибающего момента. Изгибающий момент в средней части шпалы может возникнуть при высоком уровне балласта и хорошем его уплотнении. При высоком уровне балласта возникает самоуплотнение щебня под динамическим воздействием подвижного состава.

В таких случаях воздействия балласта на шпалу в средней ее части будет происходить не на ширину подошвы шпалы величиной 120 мм, а на ширину 228 мм, за счет заклинивания трапециевидной нижней части шпалы INBK-7D гравием балласта. При таком распределении сил образуется отпор балласта, увеличение из-

гибающего момента и появление трещин. Изгибающий момент в средней части шпалы от расчетной нагрузки составляет  $M = 6,3$  кНм, а момент при котором может образоваться трещина равен  $M_1 = 11,5$  кНм. Коэффициент безопасности  $k = 1,82$ . Такое значение коэффициента будет действительным когда средняя часть шпалы будет опираться на балласт только нижней подошвой, которой ширина равна 120 мм. Если отпор балласта в средней части шпалы увеличится за счет заклинивания нижней части среднего участка шпалы, тогда значительно увеличится изгибающий момент. Важную роль в процессе образования и увеличения трещин, в средней части шпалы, составляет подбивка подрельсовой части. При некачественной подбивке или ее отсутствии значительно увеличивается изгибающий момент в средней части шпалы, а также увеличивается изгибающий момент в рельсе. Некачественную подбивку подрельсового фрагмента шпалы можно легко обнаружить при высоком уровне щебня. В окрестности неподбитой шпалы щебень будет всегда светлого цвета. При переменных перемещениях фрагмента шпалы относительно к щебню под воздействием подвижного состава, образуется шлифование щебня, которое вызывает разбеливание цвета щебня. Примеры такого состояния представлены на фотографиях (рис. 6).

Согласно техническим требованиям содержания пути в средней части шпал INBK-7D не производится подбивка шпал, а рекомендуется между нижней граней шпалы и поверхностью щебня оставлять воздушную прослойку толщиной 4...5 см.



Рис. 5. Трещины и разрушения в средней части шпал INBK-7D

## Выводы

Основной причиной повреждения шпал было непрофессиональное и некачественное содержание пути, которое вызвало иную чем в проекте стадию нагрузки и опирания шпал на балласт. Широко раскрытые трещины в струнобетонных шпалах, не закрывающиеся при отсутствии эксплуатационной нагрузки (кроме собственного веса) являются фактором определяющим стадию их разрушения. Недопустимым является маскировка существующих повреждений и неисправностей.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Bałuch, H. Trwałość i niezawodność eksploatacyjna nawierzchni kolejowej [Текст] / H. Bałuch. – Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. – Warszawa 1980.
2. Basiewicz, T. Nawierzchnia kolejowa z podkładami betonowymi [Текст] / T. Basiewicz. – Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. – Warszawa, 1969.
3. Dyśko, A. Projekt podkładu z betonu sprężonego typu INBK-7 [Текст] / A. Dyśko. – Praca COBiRTK nr D-109/z/s. – Warszawa, 1969.
4. Zamięcki, H. Budowa i utrzymanie dróg kolejowych [Текст] / H. Zamięcki. – Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. – Warszawa, 1978
5. Praca zbiorowa pod redakcją Jana Sysaka: Drogi kolejowe [Текст]. – Państwowe Wydawnictwo Naukowe. – Warszawa, 1982.
6. BN-75/8939-01 Nawierzchnia kolei normalno- i wąskotorowej. Podkłady betonowe [Текст].
7. BN-85/8939-01/00 Nawierzchnia kolei normalno- i wąskotorowej. Podkłady betonowe. Wymagania i badania [Текст].

Поступила в редколлегия 11.05.2011.  
Принята к печати 25.05.2011.



Рис. 6. Разбеливание цвета щебня в зоне некачественной подбивки шпалы

Через некоторое время после образования трещин в шпалах, железнодорожный путь засыпали щебнем, уровень которого в зоне между рельсами был выше верхней грани шпал. После такого неразумного действия трещины в шпалах стали незаметными (рис. 7).

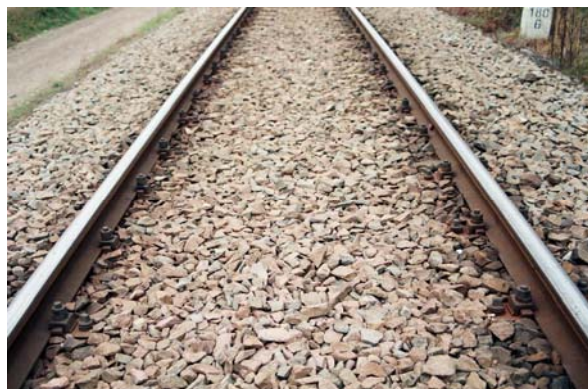


Рис. 7. Путь засыпан щебнем выше шпал, трещины стали незаметными