

УДК 624.012.35

## **РЕГУЛИРОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ТАВРОВЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЭСТАКАДЫ ПОВЫШЕННОГО ПУТИ**

**Твардовский И.А., к.т.н., доцент, Устенко А.В., студент**

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

Состояние железобетонных конструкций крупного разгрузочного комплекса Одесской области в результате интенсивного действия различного рода воздействий подошло к состоянию, близкому к аварийному. Ежедневные грузопотоки не позволяют на долго приостанавливать работу столь стратегически и экономически важного объекта.

Рассматриваемая задача имеет не только теоретический, но и практический характер, т.к. результаты исследования конструктивных решений должны показать, что проектируемые мероприятия будут полностью удовлетворять требованиям по надежности и долговечности тавровых балок эстакады повышенного пути разгрузочного комплекса в с. Лиски.

Поэтому, на сегодняшний день является актуальным принятие эффективного решения по устранению возникших проблем, которое будет сочетать экономическую оптимальность и решать задачу надежности и долговечности эксплуатации.

По результатам натурного обследования, камеральной обработки материалов и согласования общего комплекса мероприятий по восстановлению эксплуатационных и прочностных характеристик разгрузочного комплекса повышенного пути были разработаны конструктивные решения по усилению существующих тавровых железобетонных балок, которые находятся в наихудшем техническом состоянии и не обеспечивают дальнейшей безопасной эксплуатации.

Основными критериями, которые повлияли на принятие решения о необходимости усиления, являются:

- характер повреждений балок: от 50% и выше разрушения полок;
- замена рельс пути типа Р-50 (h=152мм) на Р-65 (h=180мм);

- износ существующих деревянных шпал на участке балочной эстакады и принятое конструктивное решение по креплению рельс типа Р-65 непосредственно к тавровым балкам;

- повышение уровня проезжей части за счет замены шпал из брусьев типа А-1 ( $h=180\text{мм}$ ) на железобетонные шпалы типа Ш1-1 ( $h=193\text{мм}$ ) на участке повышенного пути, который является насыпью, обжатой железобетонными плитами;

Предшествующим принятию оптимального решения стало обследование и анализ фактического состояния (Фото. 1;2), а также формирование расчетного сечения балочных пролётных строений (Рис. 1;2) с учетом разрабатываемых схем относительно общего комплекса мероприятий по капитальному ремонту сооружения в целом.



Фото. 1;2. Фактическое состояние тавровых балок

Для проведения расчетов по несущей способности исследуемых и восстанавливаемых конструкций использованы физико-механические свойства материалов, полученных в результате выполненных инструментальных обследований по месту:

- марка бетона М400 (класс В30),  $R_b = 25,5 \cdot 10^3$  кПа;

- рабочая арматура (по данным натурных обследований)

стержни  $\varnothing 16$  класса А-I в количестве 12 штук,  $R_s = 225 \cdot 10^3$  кПа;

Результаты определения усилий в расчетной схеме тавровой балки пролетом 6м, загруженной собственным весом, сосредоточенной нагрузкой и равномерно распределенной нагрузкой от подвижного состава:

$$M_{\max} = 6798 \text{ кг}\cdot\text{м} = 67.98 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$Q_{\max/\min} = \pm 4619.31 \text{ кг} = 45.32 \text{ кН}$$

Для принятия решения по усилению балок рассматривались следующие расчеты:

1. Проверка фактического сечения балки с разрушенной полкой, прокорродированной рабочей арматурой в растянутой зоне и поперечной арматурой на приопорных участках. Показала, что сечение не проходит проверку на прочность и находится на стадии разрушения и способно воспринять изгибающий момент 29.6 кН·м от заданной нагрузки.

2. Определение несущей способности балки с учетом восстановленной и увеличенной сжатой зоны полки балки (без усиления растянутой зоны) (Рис. 1);

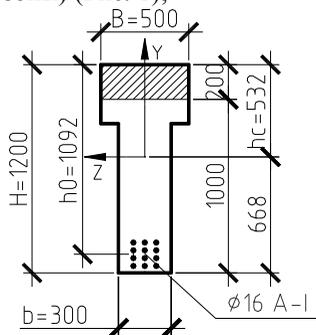


Рис. 1. Расчётное сечение балки без усиления

Площадь растянутой арматуры с учетом коррозии материала

$$A_s = 24.1 \cdot 0.5 \cdot 10^{-4} = 12.05 \text{ см}^2 \quad (1)$$

Высота сжатой зоны сечения

$$x = \frac{\gamma \cdot R_s \cdot A_s}{R_b \cdot b} = \frac{0.8 \cdot 225000 \cdot 0.001205}{25500 \cdot 0.3} = 2.83 \text{ см}, \quad (2)$$

где:  $R_s = 225 \cdot 10^3$  кПа,  $\gamma = 0.8$

$$x = 2.83 \text{ см} < 0.55 \cdot h_0 = 0.55 \cdot 1.092 = 60.1 \text{ см} \quad (3)$$

Условие удовлетворено

Несущая способность сечения

$$M_o = \gamma \cdot R_b \cdot \epsilon \cdot x \cdot (h_0 - 0.5 \cdot x) \cdot K \quad (4)$$

$$M_o = 0.8 \cdot 25500 \cdot 0.3 \cdot 0.0283 \cdot (1.092 - 0.5 \cdot 0.0283) \cdot 0.45 = 84 \text{ кН}\cdot\text{м} \quad (5)$$

$$M_o = 84 \text{ кН}\cdot\text{м} > M = 67.98 \text{ кН}\cdot\text{м}, \quad (6)$$

где  $K=0.45$  (степень разрушения полки балки 55%)

Прочность сечения, при  $K=0.45$ , обеспечена

При  $K=0.35$  (степень разрушения полки балки 65%)

$$M_0 = \gamma \cdot R_g \cdot \sigma \cdot x \cdot (h_0 - 0,5 \cdot x) \cdot K \quad (7)$$

$$M_0 = 0,8 \cdot 25,5 \cdot 10^3 \cdot 0,3 \cdot 0,0283 \cdot (1,092 - 0,5 \cdot 0,0283) \cdot 0,35 = 65 \text{ кН}\cdot\text{м} \quad (8)$$

$$M_0 = 65 \text{ кН}\cdot\text{м} < M = 67,98 \text{ кН}\cdot\text{м} \quad (9)$$

Условие прочности не выполняется. Согласно полученным результатам подтверждается необходимость в усилении сжатых зон тавровых балок, т.к. дальнейшее развитие деструктивных процессов может привести к их внезапному разрушению.

3. Проверка несущей способности тавровой балки с учетом усиления сжатой и растянутой зоны (Рис. 2).

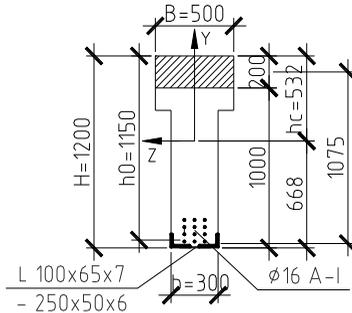


Рис. 2. Расчётное сечение балки с усилением

Для обеспечения требуемой несущей способности тавровых балок предварительно конструктивно назначено усиление нижней части балки неравнополочными уголками 100х65х7 с приваренными по низу к большей стороне уголка металлическими пластинами 250х50х6 с шагом 300 мм.

Усиление конструкции в растянутой зоне должно воспринимать момента  $\Delta M$ , равный разности между действующим моментом  $M$  (67,98 кН·м) и моментом  $M_0$  (29,6 кН·м), воспринимаемым железобетонным элементом при условии полной коррозии арматуры и исключения ее из работы.

Усилие растяжения в стальных уголках

$$N = \frac{(M - M_0)}{2 \cdot h_0} = \frac{(67,98 - 29,6)}{2 \cdot 1,075} = 17,85 \text{ кН} \quad (10)$$

Требуемая площадь сечения уголков

$$A = \frac{N}{R_s \cdot \gamma} = \frac{17,85}{230 \cdot 10^3 \cdot 0,8} = 0,97 \text{ см}^2 \quad (11)$$

Принятые согласно сортамента два уголка 100х65х7 мм

$$A = 2 \cdot 11,23 = 22,46 \text{ см}^2 \quad (12)$$

Производим проверку несущей способности балки из условия совместной работы существующей конструкции с элементами усиления в растянутой и сжатой зонах.

Приведенная площадь растянутых элементов в растянутой нижней зоне тавровых балок равна:

$$A_s = 2.5434 + 22.46 \cdot \frac{230000}{225000} = 25.5 \text{ см}^2 \quad (13)$$

Высота сжатой зоны бетона

$$x = \frac{R_s \cdot A_s}{R_b \cdot b} = \frac{225000 \cdot 0.00255}{25500 \cdot 0.3} = 7.5 \text{ см} \quad (14)$$

$$x = 7.5 \text{ см} < 0.55 \cdot h_0 = 0.55 \cdot 115 = 63.25 \text{ см} \quad (15)$$

Несущая способность сечения

$$M_0 = 0.8 \cdot 25.5 \cdot 10^3 \cdot 0.3 \cdot 0.075 \cdot (1.15 - 0.5 \cdot 0.075) \cdot 0.55 = 280.8 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (16)$$

$$M_0 = 280.8 \text{ кН} \cdot \text{м} > M = 67.98 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (17)$$

*Расчет показал, что рассмотренная схема усиления тавровых балок увеличивает их несущую способность в 4 раза.*

### **Вывод**

В результате проведенной исследовательской работы доказана целесообразность мероприятий по усилению тавровых балок по отношению к их полной замене на новые и эффективность принятого конструктивного решения, которая обеспечивает надежность работы конструкции с гарантией безотказной работы на период сроком 20-30 лет. Расчет велся по упрощенной схеме и показал только 70%-ную долю всего эффекта от комплексного мероприятия. Важным является добавить, что в совместную работу существующей железобетонной тавровой балки включается усиленный каркас сжатой зоны полки с монтажными креплениями для рельс, поперечными обвязочными скобами для повышения несущей способности балки на восприятие поперечной силы и обеспечение совместности работы конструкции усиления в целом. Итоговым эффектом капитального ремонта балочной эстакады стал показатель увеличения несущей способности усиленных тавровых балок в 6 раз, надежность обеспечена на 100% и гарантирован срок длительной безотказной работы продолжительностью 30 лет.

### **SUMMARY**

**The paper presents a comparative analysis of the effectiveness of interventions to increase the durability and reliability of the**

## **restoration of concrete beams tee railroad overpass handling complex in Odessa region.**

1. Руководство по ремонту бетонных и железобетонных конструкций транспортных сооружений с учетом обеспечения совместимости материалов – М., ЦНИИС, 2005, с. 2. В ДБН В. 3.1-1-2002. Ремонт и усиление несущих и ограждающих строительных конструкций, и оснований промышленных зданий и сооружений. 3. ЦНИИПРОМЗДАНИИ по «Пособие по практическому выявлению пригодности к восстановлению поврежденных строительных конструкций зданий и сооружений и способам их оперативного усиления» Москва -1996 г.