

## Усиление железобетонных балок железнодорожных мостов композиционными материалами

Бакдурди Ибрагимович Матниязов

Баходир Уктамович Сагатов

Джизакский политехнический институт

Абд Ал Ислам Апроилов

Московский автомобильно-дорожный государственный университет

**Аннотация:** В статье отражена методология, результаты и особенности проведенных исследований по оценке прочности железобетонных тавровых балок. Показана методика использования высокопрочных полимерных композитов для усиления железобетонных изгибаемых элементов. Приведена характеристика испытанных образцов, методика испытаний, показано влияние основных факторов, влияющих на прочность балок.

**Ключевые слова:** тавровые балки, усилия и деформации сдвига, наклонные трещины и силы зацепления

## Strengthening reinforced concrete beams of railway bridges with compositional materials

Bakdurdi Ibragimovich Matniyazov

Baxodir Uktamovich Sagatov

Jizzakh Polytechnic Institute

Abd Al Islam Aproilov

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University

**Abstract:** The article reflects the methodology, results and features of studies on assessing the strength of reinforced concrete Taurus beams. The methodology for using high -strength polymer composites is shown to enhance reinforced concrete bending elements. The characteristic of tested samples, testing methods is given, the influence of the main factors affecting the strength of the beams is shown.

**Keywords:** T-beams, efforts and deformations of a shift, inclined cracks and hooking forces

Вопросы оценки технического состояния и усиления железобетонных мостов и сооружений являются основными при их эксплуатации, так как во многих из них при обследовании обнаруживаются серьезные повреждения от

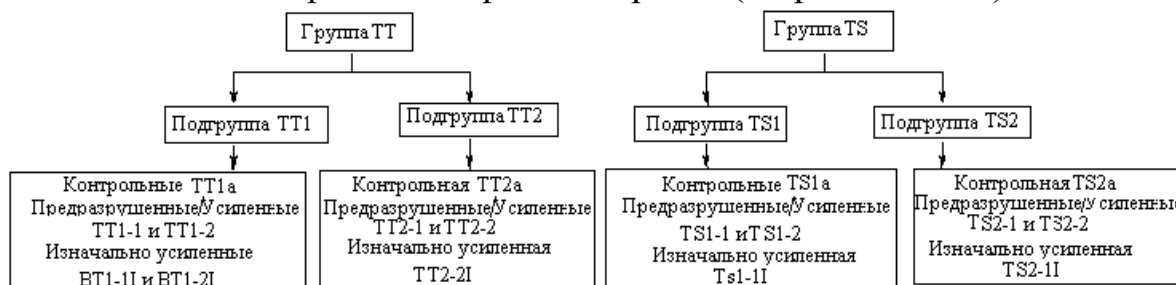
совместного действия эксплуатационных нагрузок и окружающей среды. Эти повреждения, накапливаясь и развиваясь со временем, снижают их несущую способность и могут привести к катастрофическим последствиям. Наиболее опасными дефектами являются сокращения площади сечения арматуры в результате её коррозии и трещины, развивающиеся в при опорных наклонных сечениях балочных пролетных строений мостов. Известны многие традиционные методы усиления в т.ч. распространенный метод усиления стенки тавровых балок стальными листами или усиление растянутой зоны с использованием стальных накладок и тяжей. В месте с тем в последние годы наиболее эффективным методом усиления бетонных конструкций является использование углепластиковых волокнистых материалов (УПВМ), которые, отличаясь высокими прочностными и технологическими характеристиками, используются для внешнего усиления поврежденной зоны конструкций.

Целью наших исследований являлось изучение прочности и видов разрушения при срезе железобетонных тавровых балок, усиленных углепластиковыми полимерными волокнистыми материалами (УПВМ).

В общей сложности были изготовлено и испытано в лаборатории 16 тавровых (тавровые, с различным поперечным армированием) железобетонных балок. В таблице 1 приведена характеристика железобетонных балок серий Т.

Таблица-1.

Классификация образцов серий Т (тавровые балки)



Образцы серии Т имели длину 2980 мм с поперечным сечением свесов 100x400 мм и толщиной ребра 120 мм. Полная высота балок серии Т была такой же, как у балок прямоугольного сечения - 340 мм. Балки серии Т были разделены на две группы ТТ и ТS., каждая из которых была разделена на две подгруппы по значению  $a_v/d$ , а именно, ТТ1, ТТ2 и ТS1, ТS2 (табл. 1). Серия Т имела как продольное так и поперечное армирование, детали которого приведены ниже (рис. 1-4).

В исследовании была использована двунаправленная ткань УПВМ (Sika 160С, 0/90 градус) в виде внешнего усиления системы, а также эпоксидная смола Sikadur-330. Листы волокна были приклеены эпоксидной смолой к поверхности бетона. Связующая прочность эпоксидной смолы 4 МПа, предел прочности 30 МПа, модуль упругости 3,80 МПа. УПВМ использовались в

форме сухого двунаправленного рулонного листа толщиной 0,09 мм, шириной 600 мм и длиной 5м с ориентацией волокон под углом 0/90 градуса. Значения предела прочности листа УПВМ 3,80 МПа, модуля упругости 230,0 МПа были определены испытанием образцов при растяжении (спецификации Sika). Углеродистые ткани волокна были приклеены на поверхность бетона вручную. Поверхность образцов отшлифована механически, острые грани или углы конструкции были округлены с радиусом не менее 10 мм. Поверхность бетона была очищена продуванием и высушена. Все трещины, шириной раскрытия больше 0.25 мм и большие поры были заделаны эпоксидной смолой.

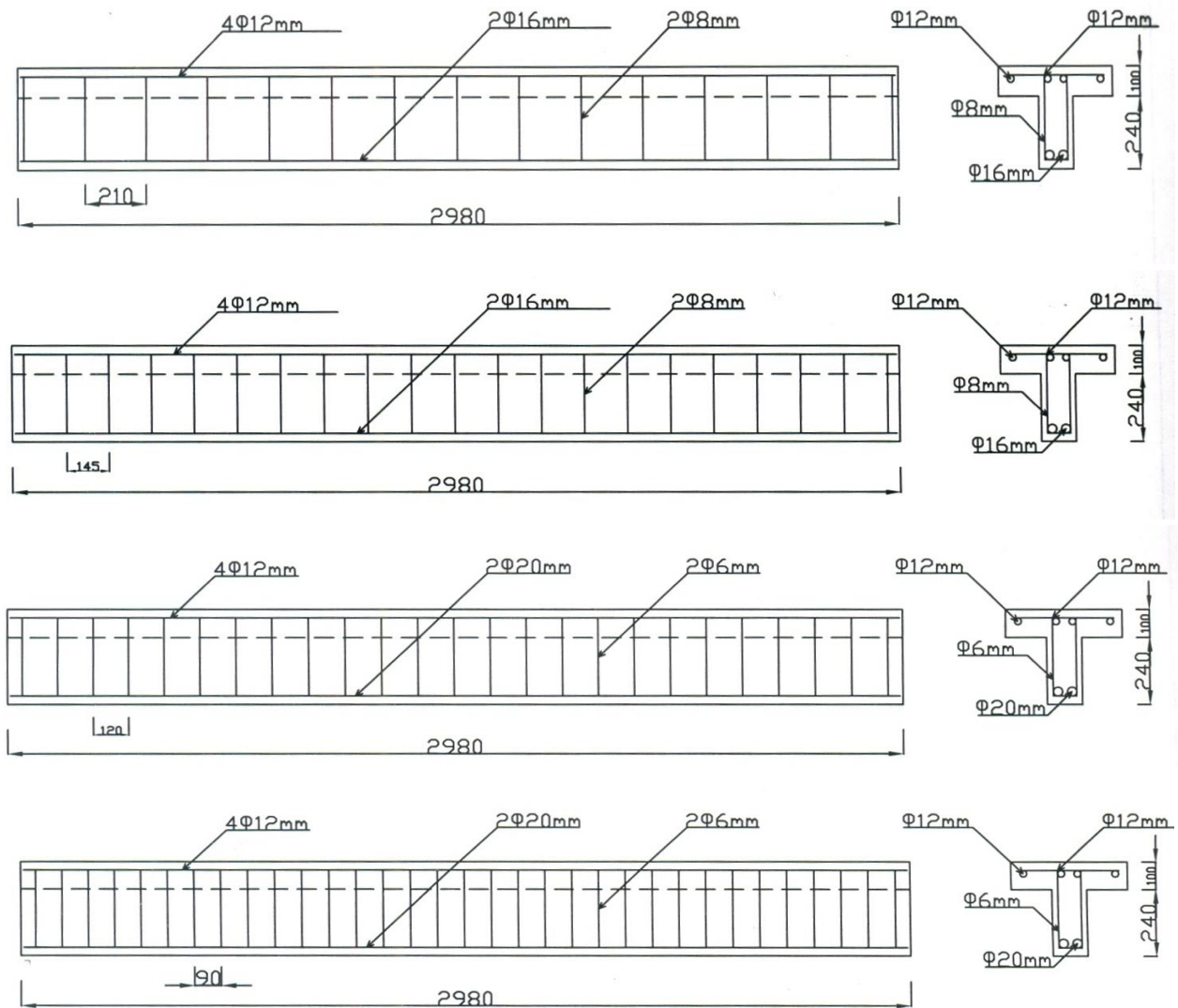


Рис. 1-4. Схема армирования балок подгруппы TS1, TS2, TT1, TT2

Установка тензорезисторов. Тавровые балки группы ТТ были армированы четырех ветвенными хомутами, а группы TS – двухветвенными хомутами. На каждую ветвь хомутов группы ТТ было приклеено по два датчика и по одному датчику на каждую ветвь хомутов группы TS. Кроме того были измерены деформации на поверхности бетона по высоте балок с помощью механического реперного устройства. Эта серия имели по шесть пар реперных точек,

помеченных как L1, L2, L3, L4, L5 и L6. Местоположения реперов для подгруппы TT1, TS1, TT2 и TS2 показаны соответственно в таблицах 2. Были измерены также деформации на поверхности бетона и полос.

Таблица 2.

Местоположение реперов для подгрупп TT1, TS1, TT2 и TS2

(a) Подгруппы TT1 и TT2		(b) Подгруппы TS1 и TS2	
Положение реперов		Положение реперов	
Реперов	Положение реперных точек (от начала балки) (mm)	Реперов	Положение реперных точек (от начала балки) (mm)
L1	20	L1	20
L2	80	L2	80
L3	120	L3	120
L4	183	L4	180
L5	246	L5	245
L6	310	L6	310

После помещения образца на опоры его покрывали меловым раствором для облегчения наблюдения за трещинообразованием. Для контроля прогибов в разных местах балок использовался линейный дифференциальный преобразователь деформаций (ЛДПД) и два индикатора часового типа. ЛДПД был помещен точно в центр балки, а два индикатора были расположены на расстоянии 495 мм от левой и правой опор балки. Деформации на поверхности бетона измерялись с помощью реперных точек с базой измерения 150 мм. Перед загрузением все измерительные приборы были проверены и отрегулированы.



Рис. 5. Испытание тавровой балки при трехточечном изгибе ( $a_v/d = 4.0$ )

Результаты испытаний были представлены в виде зависимостей «нагрузка-прогиб» в середине пролета, «нагрузка-деформация» растянутых арматурных стержнях, стальных хомутах, в полосах УПВМ и на поверхности бетона. Результаты эксперимента показывают, что технология использования двунаправленной полосы УПВМ может использоваться для значительного увеличения прочности. Несущая способность балок подгрупп TT1 и TT2, TS1 и TS2 различалась соответственно в пределах 38% - 60% и 20% - 40%. В целом, прочность балок была больше на 12% - 61% по сравнению с контрольными.

### **Использованная литература**

1. А.А.Ашрабов, А.А.Ишанходжаев, Ч.С.Раупов. О передаче напряжений в трещинах железобетонных элементов, усиленных полимерными волокнистыми материалами. Проблемы механики. – №4, 2006.
2. Раупов Ч.С. Исследование сдвиговой прочности и жесткости железобетонных балок, усиленных волокнистым полимерным материалом. Материалы Респ. научно–техн. конф. Ташкент. ТашИИТ. (12–13 мая 2006 г.). с.114–119.
3. J. Jayaprakash, Abdul Aziz A.A., Abang, A.A., Ashrakov, A.A. (2004a) External Shear Strengthening Strategies of RC Beams with Bi–Directional Carbon Fibre Reinforced Polymer Sheet. Proceedings of International Conference on Bridge and Hydraulic structures, pp 219–224.
4. Sagatov B. U. et al. Review of strengthening reinforced concrete beams using cfrp Laminate //European Science Review. – 2016. – №. 9-10. – С. 213-215.
5. Ашрабов А. А., Сагатов Б. У., Алиев М. Р. Усиление тканевыми полимерными композитами железобетонных балок с трещинами //Молодой ученый. – 2016. – №. 7-2. – С. 37-41.
6. Asatov N., Jurayev U., Sagatov B. Strength of reinforced concrete beams hardened with high-strength polymers //Problems of Architecture and Construction. – 2019. – Т. 2. – №. 2. – С. 63-65.
7. Sagatov B., Rakhmanov N. Strength of reinforced concrete elements strengthened with carbon fiber external reinforcement //Problems of Architecture and Construction. – 2019. – Т. 2. – №. 1. – С. 48-51.
8. Ашрабов А. А., Сагатов Б. У. О передаче напряжений через трещины железобетонных элементах //Молодой ученый. – 2016. – №. 7-2. – С. 41-45.
9. Bakhodir S., Mirjalol T. Development of diagram methods in calculations of reinforced concrete structures //Problems of Architecture and Construction. – 2020. – Т. 2. – №. 4. – С. 145-148.
10. Sagatov B. U. Composite materials for reinforcing ferro-concrete elements //Eurasian Journal of Academic Research. – 2022. – Т. 2. – №. 3. – С. 281-285.