

УДК 624.21.095.4(047)

## ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ПРОКЛАДНОГО СЛОЯ УЗЛА СОПРЯЖЕНИЯ ПЛИТ БЕЗБАЛЛАСТНОГО МОСТОВОГО ПОЛОТНА С МОСТОВЫМИ ПРОДОЛЬНЫМИ БАЛКАМИ

П.Ю. ЭТИН

(Белорусский национальный технический университет, Минск)

*Исследуются свойства материалов прокладного слоя узла сопряжения плит безбалластного мостового полотна с мостовыми продольными балками. Определены механические характеристики материалов, такие как предел прочности на сжатие, модуль начальной деформации и модуль упругости.*

*В результате проведенных испытаний различных материалов по физическим и механическим свойствам для прокладного слоя больше всего подходят материалы: клееная древесина хвойных пород и полимеркомпозит. Испытания материалов прокладного слоя на выносливость выполнялись на разработанном автором стенде. Анализ себестоимости материалов (без учета затрат на выполнение работ) показал, что прокладной слой из клееной древесины дешевле почти вдвое, однако срок службы прокладного слоя из полимеркомпозита примерно в пять раз больше.*

**Введение.** В настоящее время сопряжение железобетонных плит безбалластного мостового полотна (БМП) с балками пролетных строений на металлических мостах Белорусской железной дороги в основном



Рис. 1. Применяемая конструкция узла сопряжения на металлических мостах Белорусской железной дороги:

1 – продольная балка; 2 – плита БМП;  
 3 – высокопрочная шпилька; 4 – резиновая прокладка;  
 5 – деревянная прокладка

производится с помощью прокладного слоя из антисептированных дубовых досок и резины [1] (рис. 1). Существующий прокладной слой имеет ряд недостатков:

- недостаточная жёсткость слоя;
- плохая защита металлической продольной балки пролетного строения от коррозии и электрокоррозии за счет скапливания воды под древесиной;
- невысокая долговечность древесины (10 – 15 лет).

В процессе эксплуатации установлено также значительное смятие досок прокладного слоя и скалывание боковых граней, ведущее к нарушению соединения плиты с верхним поясом балок [2].

Таким образом, материал, применяемый для прокладного слоя, не вполне удовлетворяет эксплуатационным требованиям, а задача по поиску нового современного материала является актуальной.

**Основная часть.** Технические требования, в соответствии с которыми определялся материал прокладного слоя:

- стойкость к атмосферным воздействиям (к увлажнению, пониженным температурам – морозостойкость);
- электросопротивление не ниже, чем резинодеревянный (деревянный слой – дуб) прокладной слой;
- прочность и трещиностойкость в течение всего нормируемого срока службы плиты БМП;
- быстрый набор прочности, обеспечивающий восприятие нагрузок от подвижного состава сразу после укладки мостового полотна на данном участке;
- стоимость не должна превышать стоимости материалов существующих конструкций сопряжения;
- простота технологии укладки прокладного материала.

Были исследованы следующие материалы прокладного слоя:

- клееная древесина из хвойных пород со сжатием вдоль волокон (материал № 1);
- композиционный материал с наполнителями из отходов кожевенно-обувного производства (материал № 2);
- композиционный материал с наполнителями из отходов кожевенно-обувного производства и деревянных опилок (материал № 3);
- композиционный материал на основе полиэтилена и мелкозернистого песка (материал № 4);
- композиционный материал (термопласткомполит) (материал № 5); полимеркомпозиционный материал (материал № 6);
- существующий материал прокладного слоя – дуб со сжатыми поперек волокнами (материал № 7).

В качестве механических характеристик материалов определялись предел прочности на сжатие, модуль начальной деформации и модуль упругости.

Испытания образцов из *клееной древесины* проводились на универсальной испытательной машине ГМС-50, № 136. Испытания образцов из *композиционных материалов* проводились на испытательной машине WPM VEB Thuringer Industriewerk.

При определении характеристик прочности и упругости испытывались образцы в виде прямоугольных призм различных размеров.

При определении модуля упругости образцы нагружались до максимальной нагрузки, действующей на прокладной слой при эксплуатации плит под нагрузкой С14, после чего производилась разгрузка до величины постоянной нагрузки от собственного веса плиты и усилия натяжения шпилек.

Количество циклов разгрузки – повторной нагрузки составляло 3 – 5 раз.

Начальный модуль деформации определялся по тангенсу угла наклона касательной в начале координат к кривой начального нагружения.

Модуль упругости определялся по тангенсу угла наклона прямой, проходящей через граничные точки петли гистерезиса.

При определении прочности на сжатие образцы доводились до разрушения.

Полученные результаты испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1

Прочностные и деформационные характеристики материалов

Характеристики	Материалы						
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7
Предел прочности на сжатие, МПа	40	25,2	20,19	26,3	46,9	80	–
Начальный модуль деформации, МПа	4400	65	63	40	150	500	180
Модуль упругости, МПа	6500	110	280	200	340	1500	740

Фрагменты испытаний материалов № 1 из клееной древесины и № 2 из композиционного материала с наполнителями из отходов кожевенно-обувного производства на испытательных машинах представлены на рисунках 2 и 3.



Рис. 2. Фрагмент испытания на универсальной испытательной машине ГМС-50, № 136 материала № 1



Рис. 3. Фрагмент испытания на испытательной машине WPM VEB Thuringer Industriewerk материала № 2

Поведение образцов в процессе испытаний иллюстрируют рисунки 4 и 5.

Результаты проведенных испытаний различных материалов показали, что по физическим и механическим свойствам прокладного слоя больше всего подходят: материал № 1 – клееная древесина хвойных пород; материал № 6 – полимеркомпозит.

Для проверки прочности данных материалов прокладного слоя на действие многократно повторяющейся нагрузки были проведены стендовые испытания, при которых создавались условия нагружения образцов, близкие к реальным.

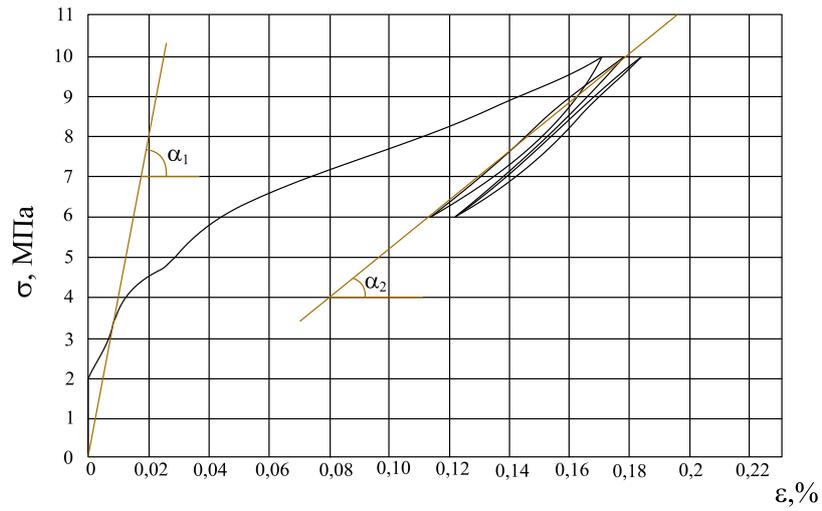


Рис. 4. График испытания образца из клееной древесины (материал № 1)

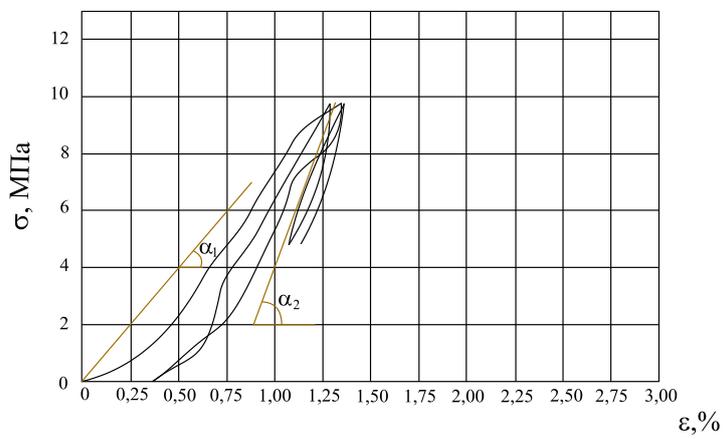


Рис. 5. График испытания образца из полимеркомпозита (материал № 6)

Испытания материалов прокладного слоя на выносливость выполнялись на разработанном автором стенде, состоящем из нескольких устройств (рис. 6).



Рис. 6. Общий вид испытательного стенда

Стенд состоит из трех основных устройств:

- первое устройство – станина со столом и нагружающим устройством. В качестве станины используется стол с рычажным прессом компрессионного прибора КПр-1. Усилие, создаваемое прессом, в 10 раз больше груза, укладываемого на подвеску рычага прессы. Устройство служит для крепления испытуемого образца и нагружения его статической нагрузкой, равной постоянной нагрузке от собственного веса плиты БМП, рельсов, контруголка и натяжения шпилек (рис. 7);

- второе устройство – рычаг длиной 4,19 м, выполненный из прокатного двутавра № 10. Рычаг служит для передачи на образец динамической нагрузки, равной нагрузке от поезда, по схеме С14. Одним концом рычаг шарнирно прикреплен к стене, другим концом к вибростенду. Образец при испытании располагается на 0,5 м от шарнира рычага. Груз для создания дополнительного переменного усилия – на расстоянии 3,69 м от шарнира рычага. Таким образом, кратность увеличения нагрузки составляет 7,38 раз;

- третьим устройством является вибрационный электродинамический стенд ВЭДС-400А. Вибростенд через стойку соединен с концом рычага и при работе создает многократно повторяющуюся нагрузку аналогично поездной нагрузке.

В результате испытаний определена величина напряжений и количество колебаний, при которых происходит разрушение образца из материала прокладного слоя, построена зависимость прочности от количества колебаний.

Испытание начиналось с установки образца на стол компрессионного прибора, после чего образец нагружался статической нагрузкой. Величина напряжения, возникающего в образце от статической нагрузки, определялась как усилие, действующее на образец, деленное на площадь поперечного сечения образца. Усилие, действующее на образец, равно весу грузов на рычаге, умноженному на 10.

После приложения статической нагрузки с помощью рычага устанавливалась величина многократно повторной нагрузки. Зная отношение плеч рычага, рассчитывалась величина груза, устанавливаемого на подвеску рычага. Напряжение, возникающее в образце от многократно повторной нагрузки, определялось как усилие, действующее от неё на образец, деленное на площадь поперечного сечения образца.

После установки статической и многократно повторяющейся нагрузки включался вибростенд, задавалась определенная частота колебаний (в пределах 5...10 Гц). Количество колебаний зависит от времени работы вибростенда и определяется как время работы в секундах, умноженное на частоту в герцах.

Продолжительность одного периода испытания не более 6-ти часов (ограничивается технической характеристикой вибростенда – максимальная длительность работы). Таким образом, количество колебаний за один цикл испытания при частоте 10 Гц не более 216 000 колебаний. Предельное количество колебаний для одного образца ограничивалось 1 миллионом.

*Образец из клееной древесины (№ 1).* Наибольшие напряжения при реальной нагрузке составляют 47,95 кг/см<sup>2</sup> (4,7 МПа), что более чем в три раза превышает расчетное сопротивление – 130 кг/см<sup>2</sup> (13 МПа) для сосны 2-го сорта при сжатии вдоль волокон. При количестве колебаний, равном 950 тысяч, образец не разрушился.

*Образец из полимеркомпозиционного материала (№ 6).* Наибольшие напряжения при реальной нагрузке составляют 47,95 кг/см<sup>2</sup> (4,7 МПа), что во много раз превышает расчетное сопротивление – 800 кг/см<sup>2</sup> (80 МПа). При количестве колебаний, равном 750 тысяч, образец не разрушился.

**Закключение.** Проведенные испытания образцов двух материалов (№ 1 – клееной древесины со сжатием вдоль волокон; № 6 – полимеркомпозиционного материала) показали, что при действующих статических напряжениях и напряжениях от многократно повторяющихся нагрузок поезда по схеме С14, прочность материалов (выносливость) достаточная.

Из анализа себестоимости материалов (без учета затрат на выполнение работ) следует, что прокладной слой из клееной древесины дешевле почти вдвое, из полимеркомпозита, однако срок службы последнего примерно в пять раз больше. Следовательно, в качестве прокладного слоя целесообразнее применять материал № 6 – полимеркомпозит.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по применению и проектированию безбалластного мостового полотна на железобетонных плитах на металлических пролетных строениях железнодорожных мостов: РД РБ 09150 56.006, 2000. – Минск, 2000.
2. Исследование работоспособности железобетонных плит безбалластного мостового полотна: отчет о НИР (заключ.) / БелГУТ; рук. В.В. Талецкий; исполн. В.В. Талецкий [и др.]. – Гомель, 2005. – 110 с. – № ГР 20053605.

Поступила 12.09.2007