

Научная статья
УДК 624.21.095.2
<https://doi.org/10.24866/2227-6858/2024-3/102-112>

Визуальная сортировка деревянных элементов эксплуатируемых автодорожных мостов

Сергей Николаевич Томилов ✉

Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Российская Федерация
✉ serg_tomilov@mail.ru

Аннотация. В статье представлена проблема визуальной сортировки деревянных поперечин пролетных строений мостов в увязке с фактическим сроком их службы. Эксплуатация – самый длительный и продуктивный период жизненного цикла мостового сооружения. Поддержание его в нормативном состоянии – основная задача работ по содержанию объекта, одной из составляющих которого является надзор, включающий диагностику и обследование с целью оценки состояния моста для возможности планирования работ ухода, профилактики, ремонта. Значительная роль при этом отводится установлению фактических потребительских свойств материалов эксплуатируемых конструкций, в частности прочности при различных видах напряженного состояния, а для древесины какая-либо инструментальная или механическая сортировка в эксплуатируемых конструкциях практически невозможна. Таким образом, оценить состояние деревянных элементов, в том числе показатели прочности древесины, возможно визуально на основе действующих в этой области норм. Целью настоящего исследования является визуальная оценка деревянных несущих элементов мостов с установлением их сорта, класса прочности и фактической долговечности на примере данных обследований ряда мостов.

Ключевые слова: мост, древесина, пролетное строение, поперечины, сорт, класс прочности, пороки древесины

Для цитирования: Томилов С.Н. Визуальная сортировка деревянных элементов эксплуатируемых автодорожных мостов // Вестник инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2024. № 3(60). С. 102–112.

Original article

Visual grading of wood elements of road bridges in operation

Sergey N. Tomilov

Pacific National University, Khabarovsk, Russian Federation
✉ serg_tomilov@mail.ru

Abstract. The gradual withdrawal of wood as a building material from bridge construction does not mean a complete rejection of this affordable, technological, constructive and renewable natural resource. If in the structures of supports, the main load-bearing elements of span structures, wood does not withstand the competition of steel and reinforced concrete, then the transverse load-bearing elements and the construction of the bridge bed may well be wooden, especially on regional and local roads. The northeastern regions of our country have significant reserves of coniferous forests, allowing their harvesting in industrial headquarters for use, including in transport construction. Considering that current standards allow the use of wood in bridge structures, timber is used both in the construction of new and in the repair and restoration of existing bridge structures, which usually belong to the category of small or medium bridges. Currently, there are many bridges with

wooden elements in operation, especially in regions with a harsh climate, which contributes to the safety of wood structures. Operation – the longest and most productive period of the life cycle of the bridge structure and maintaining it in a standard state is the main task of maintaining the facility, one of the components of which is supervision, including diagnostics and examination in order to assess the state of the bridge for the possibility of planning maintenance, prevention, repair. In this case, a significant role is given to the establishment of the actual consumer properties of materials of the operated structures, in particular, strength at various stress conditions, and for wood, any instrumental or mechanical sorting in the operated structures is practically impossible. Thus, it is possible to assess the condition of wooden elements, including indicators of wood strength, visually based on the standards in force in this area. The purpose of this study is to visually assess the wooden bearing elements of bridges with the installation of their grade, strength class and actual durability using the example of survey data for a number of bridges.

Keywords: bridge, wood, span structure, cross wood beams, grade, strength class, wood defects

For citation: Tomilov S.N. Visual grading of wood elements of road bridges in operation. *FEFU: School of Engineering Bulletin*, 2024, no. 3(60), pp. 102–112. (In Russ.).

Введение

Особенно много деревянных мостов строилось и эксплуатируется в северных регионах России в силу доступности лесоматериала и высокой его сохранности в суровом климате [1]. Произрастание леса в суровых климатических условиях способствует улучшенным физико-механическим свойствам: древесина более плотная, твердая, менее подвержена грибковым заболеваниям, так как большинство грибов развивается при температурах более 25°C [2]. Распространенной породой в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке является лиственница, которая обладая более высокой прочностью среди хвойных пород, отличается и большей стойкостью к грибковым заболеваниям [3]. Тем не менее грибные поражения древесины следует считать основным фактором, отрицательно влияющим на долговечность деревянных конструкций [4, 5], хотя можно отметить и положительный экологический эффект – именно процесс грибных поражений способен разлагать древесину до ее первоначальных компонентов [6].

Долговечность мостового сооружения – свойство сохранять нормативную работоспособность в течение определенного времени. Количественная оценка продолжительности функционирования строительного объекта в заданном режиме дает возможность оптимального планирования затрат на содержание, ремонты, капитальные ремонты, однако множество факторов, влияющих на случайный характер проявления параметров грузоподъемности, с одной стороны, и величины нагрузки – с другой, затрудняют создание действующего механизма нормирования надежности и долговечности транспортных сооружений и требует внимания исследователей [7]. В 2017 г. в изменениях № 1 к СП 35.13330.2011¹ впервые появилось рекомендуемое приложение 6, содержащее сроки службы мостов, в том числе деревянных, что, несомненно, является результатом исследований и анализа множества данных.

В настоящее время полностью деревянных мостов почти не осталось, в главных несущих элементах пролетных строений имеем сталь и железобетон, но актуальным в отдельных регионах и для малых классов мостов остается применение древесины для поперечных балок (поперечин) и остальных элементов мостового полотна [8].

Настоящая статья посвящена визуальной сортировке деревянных поперечин пролетных строений мостов в увязке с фактическим сроком их службы. Все мосты, данные по которым использованы в статье, обследованы автором и находятся в северной части Хабаровского края, республике Саха (Якутия), Магаданской области, Чукотском автономном округе и локализованы в двух климатических районах по СП 131.13330.2012² – 1А (материковая часть) и 1Г (прибрежные территории).

¹ Свод правил. СП 35.13330.2011. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84* (с Изменениями № 1, 2) / ОАО ЦНИИС. Москва: Стандартинформ, 2019.

² Свод правил. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-99* / ФГБУ НИИСФ РААСН. Москва: Минрегион России, 2012.

Методика исследования

Определение механических характеристик древесины, прежде всего прочности, возможно посредством машинной или визуальной сортировки [9, 10], при этом машинную сортировку в России применяют для нового материала на крупных лесоперерабатывающих предприятиях [10]. Для оценки древесины конструкций эксплуатируемых мостов доступна лишь визуальная сортировка, допускаемая действующими нормами СП 35.13330.2011¹, ГОСТ 33080-2014¹ по ограничениям видимых пороков в соответствии с ГОСТ 9463-2016² для круглого и ГОСТ 8486-86³ для пиленого лесоматериала. Всего ГОСТ 33080-2014³ предусматривает 12 классов прочности – от С14 до С50, но при визуальной сортировке допускается определять классы прочности по соответствующему сорту лесоматериалов: сорт 1 соответствует классу С27, сорт 2 – классу С24 и сорт 3 – классу С16, где число класса прочности означает нормативное сопротивление при изгибе в МПа. Так как для 4-го сорта класс прочности визуально не устанавливается, а для строительных конструкций допускаются лесоматериалы только 1–3-го сортов, то в дальнейших оценках отнесение древесины каких-либо элементов мостов к категории «4 сорт» и «ниже 4 сорта» будем считать за пределами нормативного состояния, требующего ремонтного воздействия.

Интересен зарубежный опыт нормирования сортировки конструкционной древесины, в частности в северных регионах Европы, климатические условия которых схожи с российскими. Европейские и скандинавские нормы рассматривают сорта и классы прочности древесины, сортируемые как машинным, так и визуальным способом [11, 12]. Основным можно считать свод правил сортировки пиленой древесины «Nordic timber-94», принятый совместно для Швеции, Финляндии, Норвегии в 1994 г., в развитие которого разработаны и действуют INSTA 142:2009⁴, EN 338:2016⁵, EN 1912:2012⁶, EN 14081-1:2016⁷, определяющие 4 сорта древесины T0, T1, T2, T3 и соответствующие им классы прочности для визуальной сортировки С14, С18, С24, С30. Отметим, что 3-му сорту в этих нормах соответствует класс прочности С18 в отличие от С16 российских норм. Шведский норматив EN 1611-1⁸ классифицирует древесину на 5 сортов по результатам визуальной оценки.

Полагая 3-й сорт древесины обследуемых конструкций как минимально допустимый для нормативного состояния, отметим достаточную схожесть ограничений пороков в иностранных и отечественных нормах (табл. 1).

На результат визуальной сортировки влияют проявления многих пороков древесины, но есть пороки, которые отбраковываются еще на стадии приемки лесоматериала к строительству и, следовательно, которых не должно быть в готовом объекте: сучки, дефекты строения древесины, повреждения насекомыми, дефекты обработки, деформации разного вида. Значит, при обследовании мостов учитываем те, которые приобретены в процессе эксплуатации, а именно трещины, грибные окраски, гниль (табл. 1). В дальнейшем оценки древесины и результаты сортировки будут основаны на требованиях отечественных стандартов.

¹ ГОСТ 33080-2014. Конструкции деревянные. Классы прочности конструкционных пиломатериалов и методы их определения / Межгосударственный стандарт. Москва: Стандартинформ, 2015. 14 с.

² ГОСТ 9463-2016. Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия / Межгосударственный стандарт. Москва: Стандартинформ, 2016. 8 с.

³ ГОСТ 8486-86. Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия (с Изменениями № 1, 2, 3) / Межгосударственный стандарт. Москва: Стандартинформ, 2007. 8 с.

⁴ Danish Standards Foundation, 2009. INSTA 142:2009. Nordic visual strength grading rules for coniferous timber.

⁵ British Standards Institution, 2016. BS EN 338:2016. Structural timber: strength classes.

⁶ European standard, 2012. EN 1912:2012. Structural Timber – Strength classes – Assignment of visual grades and species.

⁷ British Standards Institution, 2019. BS EN 14081-1:2016+A1:2019. Timber structures. Strength graded structural timber with rectangular cross section. Part 1. General requirements.

⁸ Swedish forest industries federation, 2016. Grading of sawn timber in Europe according to EN 1611-1. Stockholm, October 2016.

Таблица / Table 1

Ограничения видимых пороков 3-го сорта пиленой древесины по европейским и скандинавским нормам в сравнении с ГОСТ 8486
 Limitations of visible defects of 3 grades of sawn wood according to European and Scandinavian standards in comparison with GOST 8486

Описание видимого порока	Европейские и скандинавские нормы для 3-го сорта класса прочности C18	ГОСТ 8486-86 ⁵ для 3-го сорта класса прочности C16
Трещины пластевые и кромочные, в том числе выходящие на торец	Не более 1/4 от края элемента	Неглубокие и глубокие длиной не более 1/2 длины элемента
Трещины пластевые сквозные, в том числе выходящие на торец	Не непрерывные краевые	Не более 1/6 длины элемента
Трещины торцовые, кроме трещин усушки	Не более 1/2 ширины элемента	Не более 1/2 ширины элемента
Трещины кольцевые отлупные	Не допускаются	Не допускаются
Грибные ядровые пятна (полосы)	Допускается поверхностная голубая окраска	Допускаются
Заболонные грибные окраски и плесень	Синева до 30% площади элемента	До 50% от площади элемента
Гниль	Не допускается	Не допускается

Как первый пример рассмотрим состояние поперечин в возрасте 10 лет в пролетном строении моста через реку Тиере в Республике Саха (Якутия) в климатическом районе 1А. У всех поперечин отмечена сеть многочисленных мелких (от 2 до 5 см) метиковых трещин усушки, участки розовой и заболонной грибной окраски. На торцовом сечении одной из поперечин имеется ядровая трещиноватая гниль. Ряд поперечин поражены значительными (по 7–12 см) вертикальными морозными трещинами (рис. 1).

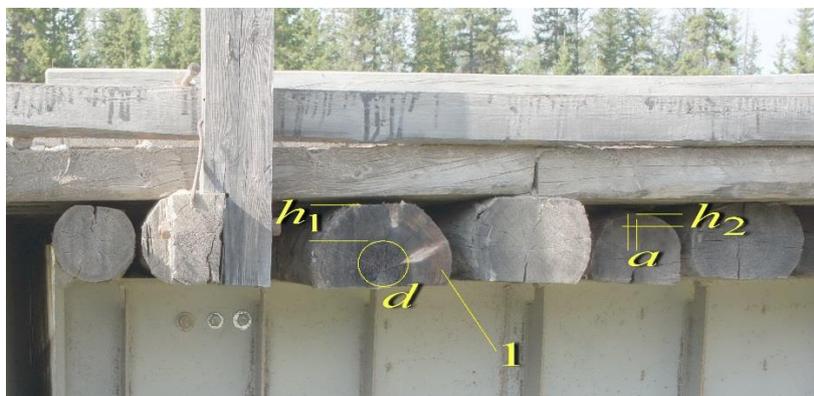


Рис. 1. Поперечины в возрасте 10 лет моста через реку Тиере в Республике Саха (Якутия) в климатическом районе 1А:

1 – участок допустимой розовой окраски; h1, h2 – границы заболонной грибной окраски; a – ширина вырезки грибной окраски; d – диаметр зоны трещиноватой гнили

Fig. 1. Cross wood beams at the age of 10 years of the bridge over the Tiera River in the Republic of Sakha (Yakutia) in the climatic region 1A:

1 – area of permissible pink painting; h1, h2 – boundaries of sapwood fungal coloration; a – width of fungal coloration cutout; d – diameter of the fractured rot zone

Для количественной оценки установленных визуально пороков древесины производятся замеры степени их распространения, что позволяет установить сорт каждого элемента. При наличии у одного элемента признаков разных сортов итоговым принимается худший из них (табл. 2).

Таблица / Table 2

Результаты визуальной оценки поперечин в возрасте 10 лет моста через реку Тиере в Республике Саха (Якутия) в климатическом районе 1А
 Results of visual evaluation of cross wood beams at the age of 10 years of the bridge over the Tiere River in the Republic of Sakha (Yakutia) in climate zone 1A

Кол-во поперечин, %	Грибные повреждения, сорт	Повреждения трещинами, сорт	Сорт по итогу
50	Заболонные окраски глубиной до 1/10 от диаметра (3 сорт)	Сеть метиковых трещин по 7–12 см (3 сорт). Морозные трещины более 1/5 от диаметра (4 сорт)	4
33	Заболонные окраски глубиной до 1/10 от диаметра (3 сорт)	Сеть метиковых трещин по 7 – 12 см (3 сорт). Трещины усушки до 1/5 от d (3 сорт)	3
17	Заболонные окраски глубиной более 1/10 от d (4 сорт) Ядровая гниль 12% от А (4 сорт)	Сеть метиковых трещин по 7–12 см (3 сорт)	4

Примером деревянных элементов пролетного строения более значительного возраста может служить мост через ручей на автодороге Певек–Комсомольский на Чукотке в климатическом районе 1А, возраст поперечин которого составляет 33 года. Заметны более значительные поражения заболонными и ядровыми грибными окрасками, увеличенными размерами трещин усушки, значительными, вплоть до сквозных, морозными трещинами, появлением отлупных кольцевых трещин (рис. 2).

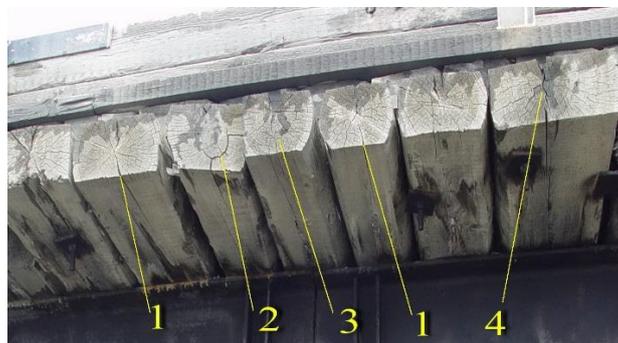


Рис. 2. Поперечины в возрасте 33 лет моста через ручей автодороги Певек-Комсомольский на Чукотке в климатическом районе 1А:

- 1 – трещина усушки; 2 – отлупная трещина; 3 – заболонная грибная окраска;**
- 4 – грибное ядровое пятно и морозная трещина**

Fig. 2. Cross wood beams at the age of 33 years of the bridge over the stream on the Pevek – Komsomolsky road in the Chukotka in the climatic region 1A:

- 1 – dry fissure; 2 – ring fissure; 3 – sapwood fungal coloration; 4 – central fungal stain and frost fissure

Результаты замеров визуально установленных пороков поперечин данного объекта (рис. 2) дают возможность установить сорт каждого элемента с оценкой количества элементов одинакового сорта в процентах на весь мост (табл. 3).

Пример обследования после недавнего капитального ремонта практически новых поперечин и других элементов мостового полотна представляет мост через реку Кухтуй на автодороге Охотск–Аэропорт на севере Хабаровского края (климатический район 1Г). На этом объекте представилась возможность осмотреть свежие спилы поперечин и продольных брусьев крепления перильных ограждений, возраст которых на день обследования составил 3 года. На спилах поперечин грибных окрасок практически нет, а грибная окраска в виде полос

у брусьев крепления перил составляет менее 20% сечения; трещины усушки не цельные и существенно меньше 1/2 длины элемента – эти признаки позволяют классифицировать рассмотренные элементы не ниже 3-го сорта (рис. 3).

Таблица / Table 3

Результаты визуальной оценки поперечин в возрасте 33 лет моста через ручей автодороги Певек–Комсомольский на Чукотке в климатическом районе 1А
 Results of visual evaluation of cross wood beams at the age of 33 years of the bridge over the stream on the Pevek–Komsomolsky road in the Chukotka in the climatic region 1A

Кол-во поперечин, %	Грибные повреждения, сорт	Повреждения трещинами, сорт	Сорт по итогу
35	Ядровые грибные пятна 80% сечения (4 сорт)	Трещины усушки более 1/5 диаметра (ниже 4 сорта)	Ниже 4 сорта
30	Ядровые грибные пятна 30% сечения (3 сорт)	Трещины усушки до 1/8 диаметра (4 сорт). Морозные трещины сквозные (ниже 4 сорта)	Ниже 4 сорта
10	Заболонные окраски глубиной более 1/10 диаметра (4 сорт)	Трещины усушки до 1/8 диаметра (4 сорт). Трещины отлупные (ниже 4 сорта)	Ниже 4 сорта
25	Заболонные окраски глубиной более 1/10 диаметра (4 сорт)	Сеть метиковых трещин по 7–12 см (3 сорт).	4 сорт

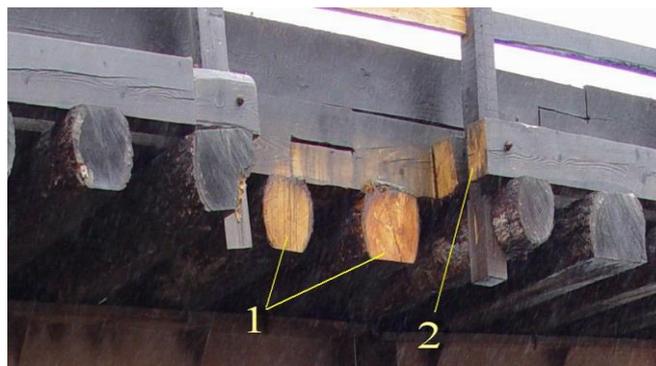


Рис. 3. Поперечины в возрасте 3 лет моста через реку Кухтуй на автодороге Охотск–Аэропорт в Хабаровском крае в климатическом районе 1Г: 1 – спил поперечин; 2 – спил продольного бруса крепления перил

Fig. 3. Cross wood beams at the age of 3 years of the bridge over Kuhtuy River on the Okhotsk – Airport road in the Khabarovsk Territory in the climatic region 1Г: 1 – sawed cross wood beams; 2 – sawed longitudinal beam of railing attachment

Отметим особенность, связанную с морозными трещинами. У относительно новой поперечины на спиле имеется морозная трещина, пересекающая 2/3 высоты сечения (рис. 3), что должно отнести этот элемент к 4 сорту и формально требует его замены; у поперечины в возрасте 33 лет у моста через ручей автодороги Певек–Комсомольский на Чукотке (климатический район 1А) также отмечена морозная трещина, пересекающая всю высоту сечения (рис. 2, поз. 4), что определяет этот элемент ниже 4 сорта. Появление морозных трещин даже у новых деревянных элементов после прохождения холодного периода можно объяснить тем, что зачастую в дело идет свежеспиленный лес практически естественной влажности, которая может достигать 70% и выше, в то время как сортировка по ГОСТ 8486-86⁵ полагает влажность древесины не более 22%, а европейская сортировка, например, EN 1611-1¹⁰ – 20%.

Полагаем, что не следует выбраковывать деревянные поперечины только из-за морозных трещин при условии, что эти трещины расположены в вертикальном (или близко к вертикальному) направлении, так как в этом случае не снижаются их изгибные характеристики.

Например, для поперечины, не имеющей пороков, кроме почти вертикальной морозной трещины, можно установить 3 сорт, означающий нормативное состояние элемента (рис. 3).

Появление грибных окрасок и загнивание как крайнее проявление постепенного отказа деревянных элементов мостов является следствием не естественного износа, а грибкового заболевания [3], что подтверждается наличием в одной конструкции относительно сохранных работоспособных и значительно загнивших элементов. Это предполагает планирование ремонтов с частичной заменой пораженных гнилью элементов (рис. 4).

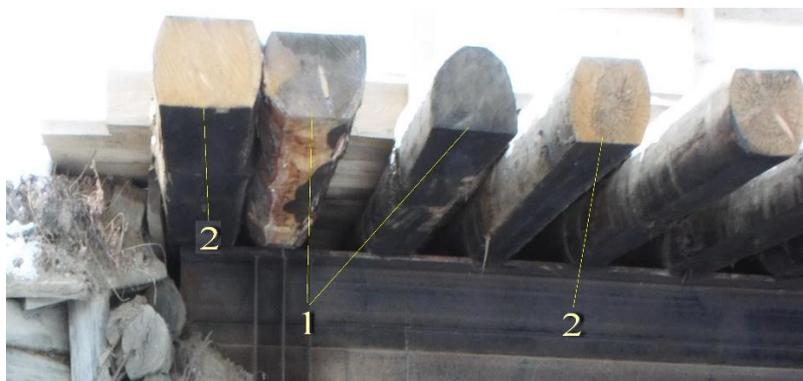


Рис. 4. Ремонт с заменой части поперечин моста через ручей на автодороге Охотск–Аэропорт в Хабаровском крае:

1 – оставленные поперечины в возрасте 29 лет; 2 – новые поперечины

Fig. 4. Repair with replacement of part of cross wood beams of the bridge over the stream on the Okhotsk–Airport road in the Khabarovsk Territory:

1 – saved cross wood beams at the age of 29 years; 2 – new cross wood beams

В настоящем исследовании использованы результаты 53 обследований мостов с деревянными поперечинами в возрасте от 1 до 60 лет, 39 из которых расположены в климатической зоне 1А, 14 – в климатической зоне 1Г по СП 131.13330.2012².

По всем объектам проведена визуальная сортировка, как показано в рассмотренных выше примерах (см. табл. 2, 3), с отнесением деревянных поперечин к одной из трех категорий: «3 сорт», соответствующий нормативному состоянию, а также «4 сорт», «ниже 4 сорта». Результаты сгруппированы по возрасту и климатическому району (табл. 4–6).

Таблица / Table 4

Обобщенные данные оценки деревянных поперечин мостов на автодорогах в климатическом районе 1А

Summary data on grading of cross wood beams of the bridges on roads in the climatic region 1A

Сорт	Количество оценок сортировки по возрастным группам, %			
	20–25 лет	26–30 лет	31–50 лет	51–60 лет
3	37	34	4	–
4	58	53	78	54
Ниже 4	5	13	18	46

Таблица / Table 5

Обобщенные данные оценки деревянных поперечин мостов на автодорогах в климатическом районе 1Г

Summary data on grading of cross wood beams of the bridges on roads in the climatic region 1Г

Сорт	Количество оценок сортировки по возрастным группам, %		
	20–25 лет	26–30 лет	31–50 лет
3	20	9	7
4	75	84	81
Ниже 4	5	7	12

Выборка объектов сроком службы 1–4 лет составляет всего 7 объектов, три из них имеют возраст 10 лет (табл. 6), что можно объяснить ограничением затрат на диагностику мостов небольшого возраста и достаточно сохранных. Сортировка поперечин по данным небольшого числа объектов представлена отдельно с указанием точного возраста и локализации по климатическому району (табл. 6).

Таблица / Table 6

Обобщенные данные оценки деревянных поперечин отдельных мостов
Summary data on grading of cross wood beams of individual bridges

Сорт	Количество оценок сортировки по возрасту и климатическому району, %				
	1 год (1Г)	3 года (1Г)	10 лет (1А)	12 лет (1А)	14 лет (1А)
3	100	100	68	60	60
4	–	–	32	40	40
Ниже 4	–	–	–	–	–

Обобщенные данные сортировки (табл. 4–6) представлены графически отдельно для климатической зоны 1А (рис. 5) и климатической зоны 1Г (рис. 6) по возрастным группам и с указанием процентного числа поперечин определенного сорта. Отмечена более значительная сохранность деревянных поперечин у мостов в климатической зоне 1А по взаимному их количеству 3 и 4 сорта, что свидетельствует о негативном влиянии прибрежных климатических условий.

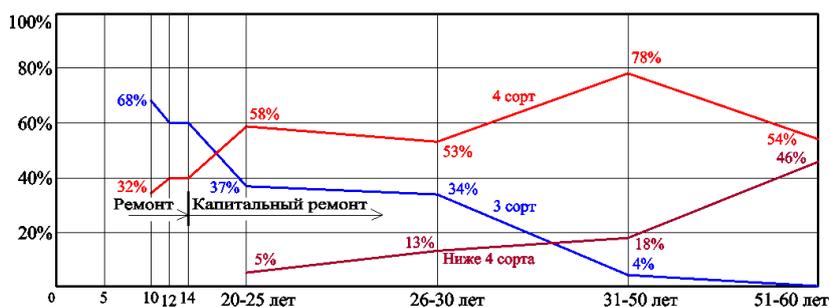


Рис. 5. Графики результатов сортировки поперечин мостов на автодорогах в климатическом районе 1А

Fig. 5. Graphs cross wood beams grading results of bridges on roads in the climatic region 1A

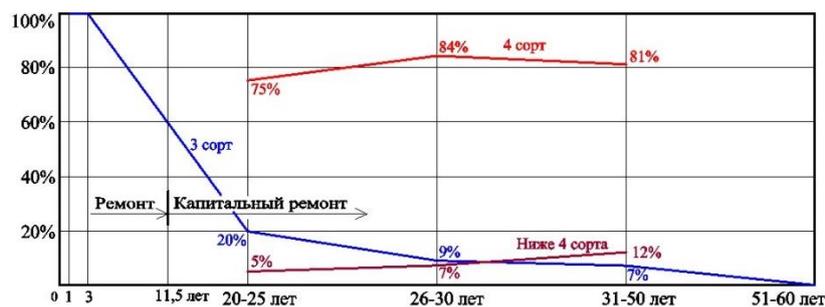


Рис. 6. Графики результатов сортировки поперечин мостов на автодорогах в климатическом районе 1Г

Fig. 6. Graphs cross wood beams grading results of bridges on roads in the climatic region 1Г

Классификация работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог¹ нормирует степень ремонтного воздействия в составе работ капитального ремонта,

¹ Классификация работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог: с изм. на 20.03.2023: утв. приказом Министерства транспорта РФ от 16 ноября 2012 г. N 402. – Текст: электронный // Техэксперт. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации.

ремонта, работ содержания следующим образом: капитальный ремонт допускает полную замену несущих элементов; если ремонт, то возможна замена до 40% поперечин; работы содержания предполагают замену настилов, других элементов мостового полотна и частичную замену поперечин без уточнения их числа. Таким образом, ремонт может назначаться в период, пока требуется замена до 40% поперечин, то есть число поперечин в нормативном состоянии (3 сорт и выше) должно быть 60% и более. При превышении 40% требующих замену поперечин назначается капитальный ремонт. Временную границу работ содержания и ремонта установить возможным не представляется, так как норматив¹¹ не дает определенного числа заменяемых поперечин в составе работ содержания.

Если считать, что переход деревянного элемента с 3-го сорта в 4-й означает не полный выход его из строя, а лишь частичное исчерпание резерва работоспособности [8], то приведенные на графиках (рис. 5, 6) периоды до капитального ремонта можно сравнивать со сроками, приведенными в приложении 6 СП 35.13330.2011¹: срок службы конструкций деревянных пролетных строений – 15 лет, а срок до первого ремонта – 5 лет. По результатам обработки фактического материала (рис. 5, 6), срок до капитального ремонта в климатической зоне 1А составляет 14 лет, в климатической зоне 1Г – 11,5 лет. В пределах отмеченных на графиках периодов до капитального ремонта следует проводить оценку резерва работоспособности элементов 4 сорта и при его исчерпании назначать замену изношенных элементов.

Заключение

1. Визуальная сортировка является технически несложным и доступным способом установления сорта и соответствующего ему класса прочности деревянных элементов эксплуатируемых мостов.

2. Наличие в конструкции отдельных элементов 4-го сорта, формально недопустимого для строительства, не означает необходимости его немедленной замены, а предполагает оценку резерва его работоспособности и возможности эксплуатации без снижения потребительских параметров конструкции моста.

3. Загнивание как крайнее проявление постепенного отказа является следствием не естественного износа, а грибкового заболевания, что подтверждается наличием в одной конструкции относительно сохранных работоспособных и значительно загнивших элементов.

4. Полученные фактические данные о сроках службы деревянных конструкций мостов достаточно хорошо коррелируют со сроками, рекомендуемыми нормами.

5. Отмечено лучшее состояние деревянных конструкций мостов в климатической зоне 1А по сравнению с климатической зоной 1Г, тяготеющей к прибрежным территориям.

ВКЛАД АВТОРОВ | CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

С.Н. Томилов подтверждает ответственность за следующее: разработка концепции и дизайна исследования, обзор данных, анализ и интерпретация результатов, подготовка и редактирование текста.

S.N. Tomilov confirms responsibility for the following: development of the concept and design of the study, data review, analysis and interpretation of the results, preparation and editing of the text.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ | CONFLICT OF INTERESTS

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сафронов В.С., Габриелян Г.Е., Киселев Д.А., Антипов А.В. Вероятностный анализ надежности разрезного деревянного автодорожного моста // Строительная механика и конструкции. 2021. № 3(30). С. 49–60. <https://doi.org/10.36622/VSTU.2021.30.3.004>
2. Козаченко О.С. Сравнительный анализ различных стандартов на хвойные экспортные пиломатериалы // Электронный научный журнал. 2016. № 11–1(14). С. 81–84. EDN: XESJAP

3. Soloviev V.A., Chubinsky M.A., Chubinsky A.N. [et al.] The decay resistance and durability of wood and wood products from larch (*LARIX SIBIRICA*) // *Mycology and Phytopathology*. 2019. Vol. 53, № 3. P. 156–161. <https://doi.org/10.1134/S0026364819030061>
4. Haas D., Habib J., Galler H. [et al.] Distribution of building-associated wood-destroying fungi in the federal state of Styria, Austria // *Holz als Roh- und Werkstoff*. 2019. Vol. 77, № 4. P. 527–537. <https://doi.org/10.1007/s00107-019-01407-w>
5. Пеккоев А.Н. Кононов А.С. Сортообразующие пороки круглых лесоматериалов сосны и ели из подзон северной и средней тайги Карелии // *Resources and Technology*. 2018 Т. 15, № 2. С. 33–44. EDN: VJWEJT
6. Li T., Cui L., Song X. [et al.] Wood decay fungi: an analysis of worldwide research // *Journal of Soils and Sediments*. 2022. Vol. 22, No. 6. P. 1688–1702. <https://doi.org/10.1007/s11368-022-03225-9>
7. Шестовицкий Д.А. Обоснование надёжности и сроков службы проектируемых мостов // *Дороги и мосты*. 2021. № 2(46). С. 203–227. EDN: IAJNYA
8. Томилов С.Н. Оценка работоспособности деревянных элементов пролетных строений малых автодорожных мостов // *Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета*. 2024. № 1(58). С. 113–121. <https://doi.org/10.24866/2227-6858/2024-1/113-121>
9. Линьков Н.В. К вопросу об использовании визуальной и машинной сортировки пиломатериалов // *Инженерный вестник Дона*. 2021. № 12(84). С. 328–338. EDN: HTFBAG
10. Варфоломеев Ю.А., Славик Ю.Ю. Актуализация нормативных требований к пиломатериалам для строительства // *World of Science: сборник статей III Международной научно-практической конференции*, Пенза, 30 марта 2023 г. Пенза: Наука и Просвещение, 2023. С. 194–198. EDN: YLHPUE
11. Lycken A., Zi én R., Olofsson D. [et al.] State of the art summary on industrial strength grading, including standards. RISE Report 2020:92 // *RISE Research Institutes of Sweden*. Stockholm, 2020. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35597.36323>
12. Ridley-Ellis D., Gil-Moreno D., Harte A.M. Strength grading of timber in the UK and Ireland in 2021 // *International Wood Products Journal*. 2022. Vol. 13, No. 2. P. 127–136. <https://doi.org/10.1080/20426445.2022.2050549>

REFERENCES

1. Safronov V.S., Gabrielyan G.E., Kiselev D.A., Antipov A.V. Probabilistic reliability analysis of a split wooden road bridge. *Construction mechanics and structures*, 2021, no. 3(30), pp. 49–60. (In Russ.). <https://doi.org/10.36622/VSTU.2021.30.3.004>
2. Kozachenko O.S. Comparative analysis of various standards for coniferous export lumber. *Electronic scientific journal*, 2016, no. 11–1(14), pp. 81–84. (In Russ.).
3. Solveig V.A., Chubinsky M.A., Chubinsky A.N. [et al.]. The decay resistance and durability of wood and wood products from larch (*LARIX SIBIRICA*). *Mycology and Phytopathology*, 2019, vol. 53, no. 3, pp. 156–161. <https://doi.org/10.1134/S0026364819030061>.
4. Haas D., Habib J., Galler H. [et al.]. Distribution of building-associated wood-destroying fungi in the federal state of Styria, Austria. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 2019, vol. 77, no. 4, pp. 527–537. <https://doi.org/10.1007/s00107-019-01407-w>
5. Pekkoiev A.N., Kononov A.S. Variety-forming vices of round timber of pine and spruce from the subzones of the northern and middle taiga of Karelia. *Resources and Technology*, 2018, vol. 15, no. 2, pp. 33–44. (In Russ.).
6. Li T., Cui L., Song X. [et al.] Wood decay fungi: an analysis of worldwide research. *Journal of Soils and Sediments*, 2022, vol. 22, no. 6, pp. 1688–1702. <https://doi.org/10.1007/s11368-022-03225-9>
7. Shestovitsky D.A. Justification of reliability and service life of designed bridges. *Roads and bridges*, 2021, no. 2(46), pp. 203–227. (In Russ.).
8. Tomilov S.N. Evaluation of wooden elements operabilit spans of short length road bridges. *Bulletin of the Engineering School of the Far Eastern Federal University*, 2024, no. 1(58), pp. 113–121. (In Russ.). <https://doi.org/10.24866/2227-6858/2024-1/113-121>.
9. Linkov N.V. On the use of visual and machine sorting of sawmills. *Engineering Bulletin of the Don*, 2021, no. 12(84), pp. 328–338. (In Russ.).

10. Varfolomeev Yu.A., Slavik Yu.Yu. Updating regulatory requirements for lumber for construction. *World of Science: collection of articles from the III International Scientific and Practical Conference, Penza, March 30, 2023*. Penza: Science and Enlightenment, 2023. P. 194–198. (In Russ.).
11. Lycken A., Zi én R., Olofsson D. [et al.] State of the art summary on industrial strength grading, including standards. RISE Report 2020:92. RISE Research Institutes of Sweden. Stockholm, 2020. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35597.36323>
12. Ridley-Ellis, Gil-Moreno D., Harte A.M. Strength grading of timber in the UK and Ireland in 2021. *International Wood Products Journal*, 2022, vol. 13, no. 2, pp. 127–136. <https://doi.org/10.1080/20426445.2022.2050549>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Томилов Сергей Николаевич – кандидат технических наук, доцент, Тихоокеанский государственный университет (Хабаровск, Российская Федерация)

✉ serg_tomilov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3008-1249>

Sergey N. Tomilov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Pacific National University (Khabarovsk, Russian Federation)

Статья поступила в редакцию / Received: 17.04.2024.

Доработана после рецензирования / Revised: 19.07.2024.

Принята к публикации / Accepted: 20.09.2024.