



ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ

Научная статья

УДК 624.21

DOI: 10.37482/0536-1036-2026-3-110-121

**Совершенствование конструкции деревобетонных мостов
с применением клееной древесины**

В.А. Уткин, д-р техн. наук, доц.; ResearcherID: [AAC-8400-2022](https://orcid.org/0000-0002-2044-3242),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2044-3242>

П.Н. Кобзев[✉], канд. техн. наук; ResearcherID: [ODK-5259-2025](https://orcid.org/0000-0003-0947-6227),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0947-6227>

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет, просп. Мира, д. 5,
г. Омск, Россия, 644080; utkin_va@inbox.ru, kpn_omsk@mail.ru[✉]

Поступила в редакцию 02.10.25 / Одобрена после рецензирования 20.12.25 / Принята к печати 22.12.25

Аннотация. Развитие лесного комплекса связано с применением транспортных средств большой массы, оказывающих значительные воздействия на дорожное полотно, сопоставимые с воздействиями от временной автодорожной нагрузки АК и НК класса 14, что требует строительства на лесных дорогах соответствующих искусственных сооружений. Ранее применяемые в дорожном строительстве деревянные мосты не соответствуют современным нагрузкам, нормам долговечности и безопасности. Наиболее целесообразными для лесных дорог являются конструкции на основе совместной работы клееных балок и монолитной железобетонной плиты проезжей части. Для композитных мостов, в т. ч. деревожелезобетонных, установлен срок службы 50 лет, что свидетельствует о высоких защитных свойствах железобетонной плиты и сохранности клееных балок на протяжении периода эксплуатации. Однако в нашей стране они не получили распространения в дорожном строительстве из-за ориентации на сборный железобетон. Вместе с тем зарубежный опыт указывает на эффективность применения в дорожном строительстве клееной древесины. Разработка и внедрение деревобетонных пролетных строений мостов ведутся как в России, так и в других странах. Настоящее исследование посвящено проектированию композитных пролетных строений мостов на основе совместной работы железобетонной плиты проезжей части и клееных балок с учетом воздействия автодорожных нагрузок А14 и Н14. Выполнен расчет нагрузок на элементы рассматриваемой конструкции. Результаты показывают соответствие несущей способности конструкции требованиям, предъявляемым к лесовозным мостам. Предложенная мостовая конструкция может быть применена как в гражданском мостостроении, так и на лесных дорогах с заменой ими дорогих и трудных для установки железобетонных пролетных строений.

Ключевые слова: деревобетонные мосты, композитные пролетные строения мостов, клееная древесина, деревобетонные пролетные строения мостов, деревобетон, деревобетонный мост, срок службы моста, автодорожные нагрузки, лесовозные мосты



Для цитирования: Уткин В.А., Кобзев П.Н. Совершенствование конструкции деревобетонных мостов с применением клееной древесины // Изв. вузов. Лесн. журн. 2026. № 3. С. 110–121. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2026-3-110-121>

Original article

Design Improvement of Composite Timber-Concrete Bridges Using Glued Laminated Timber

Vladimir A. Utkin, Doctor of Engineering, Assoc. Prof.; ResearcherID: [AAC-8400-2022](https://orcid.org/0000-0002-2044-3242), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2044-3242>

Pavel N. Kobzev[✉], Candidate of Engineering; ResearcherID: [ODK-5259-2025](https://orcid.org/0000-0003-0947-6227), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0947-6227>

Siberian State Automobile and Highway University (SibADI), prosp. Mira, 5, Omsk, Russia, 644080; utkin_va@inbox.ru, kpn_omsk@mail.ru[✉]

Received on October 2, 2025 / Approved after reviewing on December 20, 2025 / Accepted on December 22, 2025

Abstract. The development of the forestry sector involves the use of heavy vehicles, which exert a significant impact on the road surface comparable to the impact of temporary traffic loads AK and HK of class 14. This requires the construction of appropriate engineering structures to support forest roads. The wooden bridges previously used in road construction do not meet modern requirements for load-bearing capacity, durability, and safety. The most appropriate designs for forest roads are those that combine glued laminated beams with a cast-in-place concrete deck. Composite bridges, including timber-reinforced concrete bridges, have a 50-year service life, which proves the high protective properties of the reinforced concrete slab and the durability of the glued laminated beams throughout their life cycle. However, in our country, they are not widely used in road construction due to the preference for prefabricated reinforced concrete. Meanwhile, international experience demonstrates the effectiveness of using glued laminated timber in road construction. The development and implementation of timber-concrete bridge superstructures are ongoing in Russia as well as in other countries. This research focuses on the design of composite bridge superstructures based on the interaction between a cast-in-place concrete deck and glued laminated beams, considering the impact of A14 and H14 road loads. The load calculations for the elements of the considered structure have been performed. The results show that the structure's load-bearing capacity meets the requirements for logging bridges. The proposed bridge design can be used in both civil bridge construction and for forest roads, as a replacement for expensive and difficult-to-install reinforced concrete bridge superstructures.

Keywords: composite timber-concrete bridges, composite bridge superstructures, glued laminated timber, timber-concrete bridge superstructures, timber-concrete, timber-concrete bridge, bridge service life, road traffic loads, logging road bridges

For citation: Utkin V.A., Kobzev P.N. Design Improvement of Composite Timber-Concrete Bridges Using Glued Laminated Timber. *Lesnoy Zhurnal* = Russian Forestry Journal, 2026, no. 3, pp. 110–121. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2026-3-110-121>

Введение

Внедрение в транспортное строительство прогрессивных конструкций и технологий, отвечающих современным требованиям и нагрузкам на основе более широкого применения в автодорожных мостах конструкций из клееной древесины, отличающихся долговечностью, эксплуатационной надежностью, доступностью, позволит существенно расширить область деревянного мостостроения и транспортного строительства России за счет эффективного использования возможностей лесного комплекса [13].

Лидирующее положение по применению клееной древесины в мостовых конструкциях занимают США, Канада, Финляндия, Норвегия, Швеция, Австралия и др. [11, 12, 15–21]. Эти страны богаты лесными ресурсами, поэтому возрастающий интерес с их стороны к этому материалу понятен. Пролетные балочные строения из клееной древесины в сочетании с железобетонной плитой проезжей части нашли широкое распространение, а клееная древесина получила признание и стала конкурентоспособным материалом.

Обозначенный в приложении 6 СП 35.13330.2011 минимальный срок службы для композитных мостов 50 лет совпадает со сроком службы для ребристых железобетонных пролетных строений с обычной арматурой, что подтверждает высокие защитные свойства железобетонной плиты и сохранность клееных балок на протяжении установленного срока службы.

Интерес к применению деревожелезобетонных пролетных строений в мостостроении проявлялся в разных странах и в разное время. Особенно широкое распространение они получили в США в 40-х, 50-х гг. прошлого столетия. Большинство из построенных сооружений эксплуатировалось более 50 лет и находилось в относительно хорошем состоянии [20]. В нашей стране период внимания к деревожелезобетонным пролетным строениям приходится на время образования предприятий по изготовлению клееных балок в конце 70-х гг. Однако техническая политика страны в целом в эти годы была направлена на массовое внедрение в строительство и мостостроение сборного железобетона, в результате развитие деревожелезобетонных пролетных строений мостов остановилось.

Разработкой деревожелезобетонных мостов в нашей стране занимались ученые СибАДИ: проф. К.Х. Толмачев [10], А.В. Шумахер, Ю.О. Мельников, П.А. Катцын, ученые ХабПИ под руководством В.И. Кулиша [3, 4], И.Ю. Белуцкого [1]. В последние годы были опубликованы также работы проф. П.А. Дмитриева [2], проф. В.П. Стукова [7–9], которые пока не нашли повсеместного практического применения.

Главное преимущество объединенной конструкции заключается в том, что она отвечает требованиям как по прочности, так и по долговечности. При этом включенная в совместную работу с клееными несущими балками железобетонная плита выполняет функции защиты от атмосферных воздействий и биологических разрушений для деревянных балок, а вся конструкция способна воспринимать расчетные нагрузки.

Применение клееных балок заводского изготовления в совместной работе с монолитной железобетонной плитой позволяет существенно снизить экономические затраты и трудозатраты, связанные с изготовлением, транспортом и монтажом металлических и железобетонных мостовых конструкций. Их замена более легкими и доступными конструкциями на основе совместной

работы материалов из дерева и монолитной железобетонной плиты особенно важна для освоения новых регионов страны. Однако предприятия, выпускающие в России клееную древесину, как правило, загружены только гражданским строительством. Транспортное строительство эти возможности не использует.

Что касается соединений железобетонной плиты с клееными балками, то предпочтение чаще отдавалось нагельным соединениям [3, 8]. Интерес к этим соединительным элементам сохраняется и сегодня.

Авторами были предложены более надежные соединения железобетонной плиты с брусчатыми поясами дощато-гвоздевого пролетного строения [5] с составными прогонами из брусьев [6] посредством горизонтальных стержней-упоров, размещенных в отверстиях выступов парных стальных накладок, входящих в тело плиты и закрепленных к поясным брусьям болтами [14]. В Роспатенте по патентам зарегистрирована также заявка на патент от 14.02.25 г. «Деревобетонное пролетное строение из клееных балок, включенных в совместную работу с железобетонной плитой проезжей части» № 2025103233 авторов В.А. Уткина, П.Н. Кобзева, В.В. Скибы – с аналогичным [5, 6] соединением железобетонной плиты и клееных балок.

Современный этап развития лесного комплекса требует использования транспортных средств большой массы, оказывающих значительные воздействия на дорожное полотно. Очевидно, что деревянные мосты под влиянием изменившихся нагрузок в конструкционном плане также должны быть модифицированы.

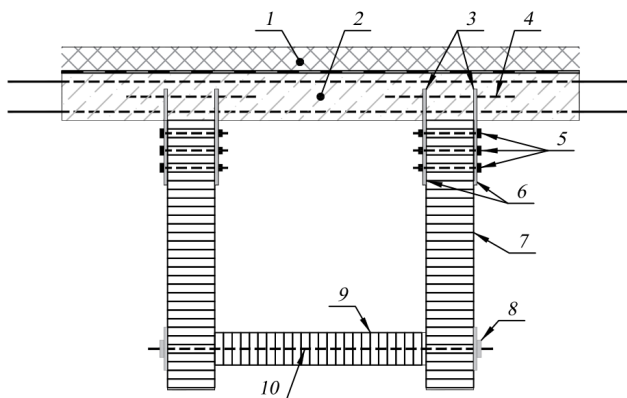
Цель – разработка конструктивных форм пролетных строений дорожных мостов с применением железобетонных и деревянных клееных элементов с учетом требований СП 35.13330.2011 к капитальным мостам на автомобильных дорогах.

Объекты и методы исследования

Рекомендуемая конструкция пролетного строения с клееными балками и железобетонной плитой. Пролетное строение (рис. 1) состоит из установленных на опоры с учетом поперечного уклона попарно объединенных монолитной железобетонной плитой 2 клееных балок 7 с устройством гидроизоляции и ездового полотна 1. Верхние пояса клееных балок снабжены закрепленными на них болтами 5 и распределенными по длине пролета стальными парными накладками 6 с выступами 3 и гибкими упорами 4.

Рис. 1. Конструкция блока деревожелезобетонного пролетного строения из спаренных клееных балок, $L = 15$ м (L – длина балки пролетного строения)

Fig. 1. Construction of a block of reinforced concrete superstructure made of paired glued beams $L = 15$ m (L – length of the superstructure beam)



При этом устройство горизонтальных диафрагм 9 в опорных зонах с обжатием высокопрочными стержнями 10 с креплениями 8 устранил перенапряжение опорных зон и сечений, повысив их сохранность.

Проектирование рекомендуемого пролетного строения под нагрузку А14 и Н14. В соответствии с указаниями СП 288.1325800.2016 проектирование водопропускных искусственных сооружений на лесных автомобильных дорогах допускается по СП 35.13330. 2011 «Мосты и трубы», согласно которым нормативную временную вертикальную нагрузку от автотранспортных средств следует принимать в виде полос АК, для которых класс нагрузки К предполагается равным 14 у всех мостов и труб, кроме деревянных – для них показатель равен 11. В качестве расчетной временной нагрузки принята нормативная автомобильная нагрузка А14 и колесная Н14. Пролетное строение на автомобильной дороге III–IV технической категории без тротуаров пролетом 15 м имеет габарит Г-8 и 2 полосы безопасности по 1 м, образовано 4 деревожелезобетонными блоками заводского изготовления с объединением в целое по плите проезжей части посредством омоноличивания продольного шва между блоками.

Результаты исследования и их обсуждение

Поперечное сечение пролетного строения и расчетные временные нагрузки приведены на рис. 2.

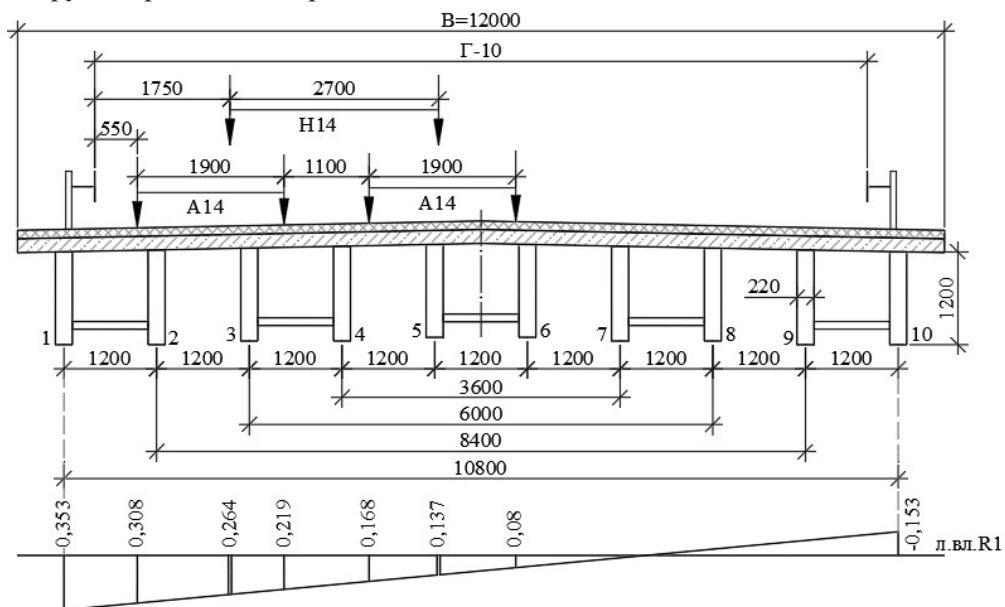


Рис. 2. Загружение пролетного строения и линии влияния R1 по методу внецентренного сжатия для балки I

Fig. 2. Loading of the superstructure and influence line R1 using the off-center compression method for beam I

Принятая конструкция дорожной одежды включает:

– асфальтобетонное покрытие на всю ширину пролетного строения
 $0,09 \cdot 12,0 \cdot 2,3 \cdot 1,5 \cdot 10,0 = 37,26$ кН/пог. м.;

– гидроизоляционное покрытие

$0,005 \cdot 1,9 \cdot 12,0 \cdot 1,3 \cdot 10,0 = 1,48$ кН/пог. м.;

- железобетонную плиту толщиной 21 см
 $0,21 \cdot 2,5 \cdot 12,0 \cdot 1,1 \cdot 10,0 = 69,3$ кН/пог. м.;
- ограждение, нагрузка от него равна 4,4 кН/пог. м.

Итого: 112,44 кН/пог. м.

Итого на балку: 11,24 кН/пог. м.

Временную нагрузку распределяем между балками с помощью коэффициентов поперечной установки (КПУ), для определения которых используем приближенный метод внецентренного сжатия для крайней балки l .

Две полосы нагрузки АК максимально приближены к ограждению безопасности. Для балки l получим:

$$\text{КПУ}_A = 0,5(0,308 + 0,219 + 0,168 + 0,08) = 0,3875.$$

Ось нагрузки НК должна быть расположена не ближе 1,75 м от кромки проезжей части. Для балки l получим:

$$\text{КПУ}_{\text{НК}} = 0,5(0,264 + 0,137) = 0,2005.$$

Загружение линий влияния изгибающего момента в середине и в четверти пролета временными нагрузками А14 и Н14 представлено на рис. 3.

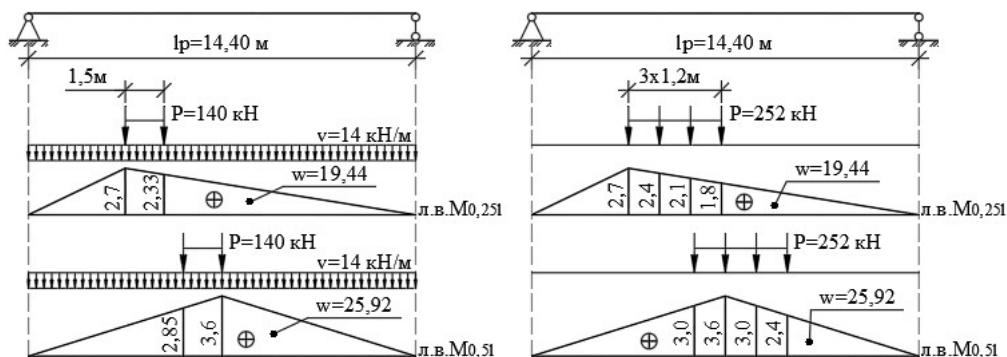


Рис. 3. Схемы загрузки линий влияния (л. в.) изгибающих моментов отдельной балки временными нагрузками А14 и Н14 (l – длина пролета; l_p – расчетная длина пролета; P – осевая нагрузка; w – площадь; v – полосовая нагрузка)

Fig. 3. Loadcases of the influence lines (л. в.) for bending moments of a separate beam under temporary loads А14 and Н14 (l – span length; l_p – design span length; P – axial load; w – area; v – strips load)

Коэффициенты надежности по нагрузке: для тележки АК $\gamma_f = 1,5$; для равномерно распределенной части $\gamma_f = 1,25$; для нагрузки НК $\gamma_f = 1,1$.

Динамический коэффициент $(1 + \mu)$: для тележки АК $(1 + \mu) = 1,3$; для равномерно распределенной АК $(1 + \mu) = 1,0$; для НК $\gamma_f = 1,0$.

Изгибающий момент в балке от постоянной и временной нагрузки определяем по следующим выражениям:

$$M_{\text{АК}} = g\omega_M + (1 + \mu)_{\text{АК}} \left[\gamma_{f,v} \cdot \text{КПУ}_{v,\text{АК}} \omega_M + \gamma_{f,p} P_{\text{АК}} \cdot \text{КПУ}_{p,\text{АК}} (y_1 + y_2) \right];$$

$$M_{\text{НК}} = g\omega_M + (1 + \mu)_{\text{НК}} \gamma_{f,\text{НК}} P_{\text{НК}} \cdot \text{КПУ}_{\text{НК}} (y_1 + y_2 + y_3 + y_4),$$

где g – постоянная нагрузка, кН/ пог. м.; ω – площадь линии влияния усилия, м².

В результате получим:

– от постоянной g и временной А14

$$M_{\text{АК}}^{0,251} = 11,24 \cdot 19,44 \cdot 1,1 + 140 (2,7 + 2,325) 1,5 \cdot 1,3 \cdot 0,411 \cdot 1,0 + 14 \cdot 19,44 \cdot 0,353 \cdot 1,25 = 240,25 + 561,0 + 120,0 = 921,35 \text{ кНм};$$

$$M_{AK}^{0,5l} = 11,24 \cdot 25,92 \cdot 1,1 + 140 (3,6 + 2,85) \cdot 1,5 \cdot 0,411 \cdot 1,3 \cdot 1,0 + \\ + 14 \cdot 25,92 \cdot 0,353 \cdot 1,25 = 320,47 + 723,7 + 160,0 = 1204,2 \text{ кНм};$$

– от постоянной и колесной Н14

$$M_{HK}^{0,25l} = 11,24 \cdot 19,44 \cdot 1,1 + 252 (2,7 + 2,4 + 2,1 + 1,8) 0,206 \cdot 1,1 = \\ = 240,25 + 513,0 = 753,25 \text{ кНм};$$

$$M_{HK}^{0,5l} = 11,24 \cdot 25,92 \cdot 1,1 + 252 (3,6 + 3,0 + 3,0 + 2,4) 0,206 \cdot 1,1 = \\ = 320,47 + 685,24 = 1005,7 \text{ кНм}.$$

Загружение линий влияния поперечной силы опорного сечения в четверти и середине пролета временными нагрузками А14 и Н14 показано на рис. 4.

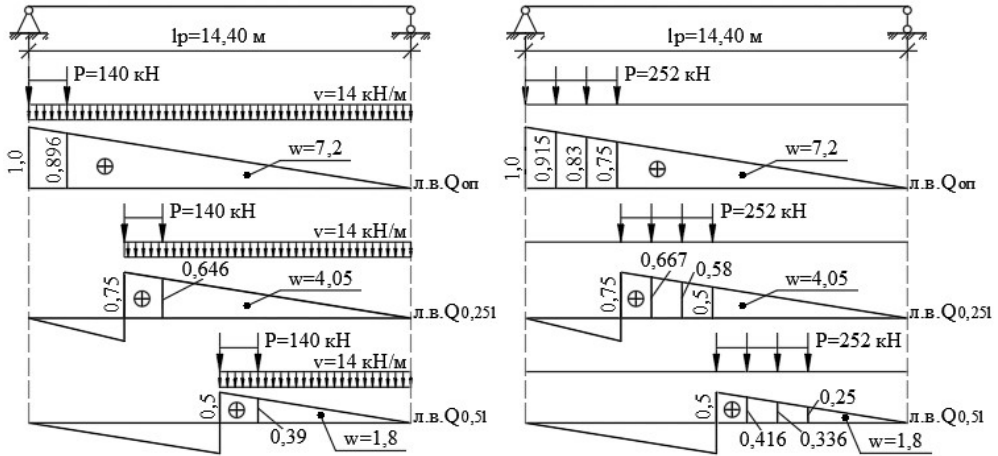


Рис. 4. Схемы загрузки линий влияния поперечных сил отдельной балки временными нагрузками А14 и Н14

Fig. 4. Loadcases of the influence lines of transverse forces of a separate beam under temporary loads А14 and Н14

Поперечную силу определяем по выражениям:

$$Q_{AK} = g\omega_Q + (1 + \mu)_{AK} \left[\gamma_{f,v} \cdot \text{КПУ}_{v,AK} \omega_Q + \gamma_{f,p} P_{AK} \cdot \text{КПУ}_{p,AK} (y_1 + y_2) \right];$$

$$Q_{HK} = g\omega_Q + (1 + \mu)_{HK} \gamma_{f,HK} P_{HK} \cdot \text{КПУ}_{HK} (y_1 + y_2 + y_3 + y_4).$$

В результате получим:

$$Q_{AK}^l = 11,24 \cdot 7,2 \cdot 1,1 + 140 (1 + 0,896) 1,5 \cdot 0,411 \cdot 1,3 + 14 \cdot 7,2 \cdot 0,353 \cdot 1,25 \cdot 1 = \\ = 89,02 + 212,74 + 44,35 = 346,11 \text{ кН};$$

$$Q_{HK}^l = 11,24 \cdot 7,2 \cdot 1,1 + 252 (1 + 0,917 + 0,833 + 0,75) 0,206 \cdot 1,1 = 89,02 + 199,86 = \\ = 288,9 \text{ кН};$$

$$Q_{AK}^{0,25l} = 11,24 \cdot 4,05 \cdot 1,1 + 140 (0,75 + 0,646) 1,5 \cdot 0,411 \cdot 1,3 + 14 \cdot 4,05 \cdot 1,25 \cdot 0,353 = \\ = 50,07 + 157,08 + 24,95 = 232,06 \text{ кН};$$

$$Q_{HK}^{0,25l} = 11,24 \cdot 4,05 \cdot 1,1 + 252 (0,75 + 0,667 + 0,582 + 0,499) 0,206 \cdot 1,1 = \\ = 50,07 + 142,68 = 192,75 \text{ кН}.$$

Эпюры расчетных усилий приведены на рис. 5, а геометрические характеристики поперечного сечения балки – на рис. 6. Согласно рис. 6, статический момент приведенного сечения $I_{np} = 13,89 \cdot 10^6 \text{ см}^4$.

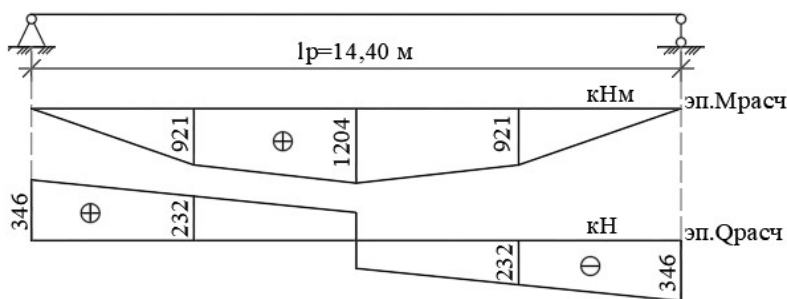


Рис. 5. Эпюры (эп.) расчетных усилий деревяннотонной балки при нагрузках А14 и Н14
 Fig. 5. Diagrams of the design forces of a wooden concrete beam under loads А14 and Н14

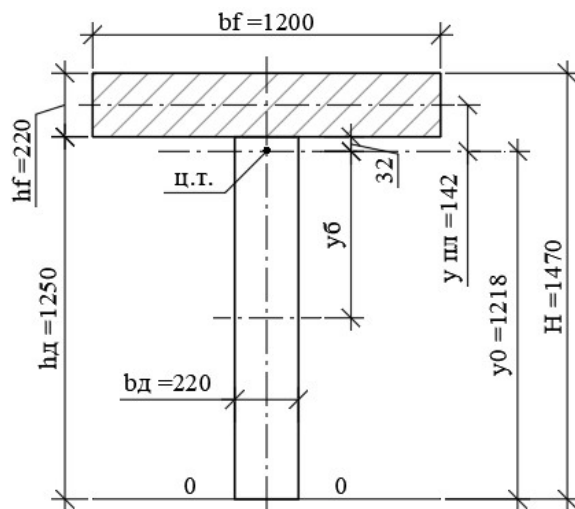


Рис. 6. Поперечное сечение деревяннотонной балки (H – высота балки; b – ширина; h – толщина или высота; f – пояс или полка; d – дерево; b – балка; пл. – плита; ц.т. – центр тяжести)

Fig. 6. Cross section of a wooden concrete beam (H – beam height; b – width; h – thickness or height; f – belt or shelf; d – wood; b – beam; пл. – plate; ц.т. – center of gravity)

Таким образом, имеем:

– растягивающие напряжения в нижних волокнах балки

$$\sigma_H = \frac{12,04 \cdot 10^6}{13,89 \cdot 10^6} 121,8 = 105,6 \text{ кг/см}^2 \approx [R_{\text{пред}} = 104];$$

– напряжения сжатия по оси железобетонной плиты:

$$\sigma_B = \frac{12,04 \cdot 10^6}{13,89 \cdot 10^6} 14,2 = 12,3 \text{ кг/см}^2 < [R_{\text{пред}} = 17,5].$$

Проектирование соединений. Соединительные элементы выполнены в виде 2 стальных пластин-фасонок, толщиной не менее 8 мм, закрепленных попарно к верхнему поясу клееных балок болтами с входящими в железобетонную плиту выступами для размещения в их отверстиях стержневых упоров, работающих на отрыв и сдвиг.

Размещение соединительных элементов на верхнем поясе балки выполнено равномерно по длине пролета с разбивкой на 8 участков, длиной по 180 см.

Ступенчатая эпюра расчетных поперечных сил по длине полупролета приведена на рис. 7.

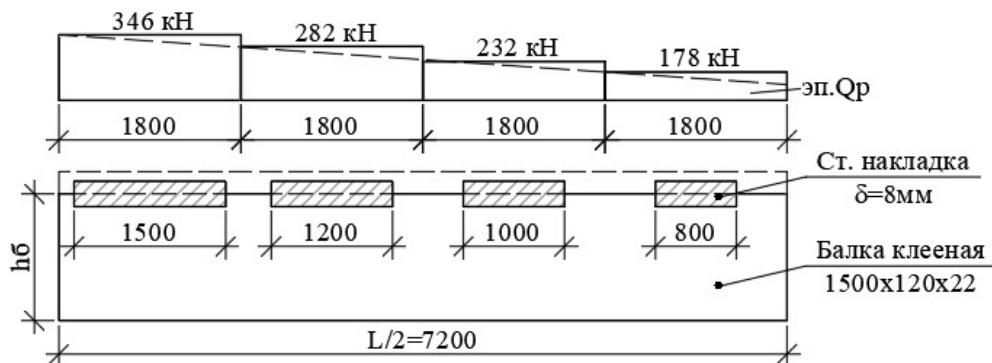


Рис. 7. Распределение накладок по участкам на длине полупролета балки, $L = 15$ м (δ – толщина листа; Ст. накладка – стальная накладка)

Fig. 7. Distribution of plates by sections along the half-span length of the beam $L = 15$ m (δ – sheet thickness; Ст. накладка – steel fish plate)

Расчет стержневых упоров и болтов закрепления стальных накладок к балкам выполнен в соответствии со значениями сдвигающих сил T_i на участке a_i :

$$T = \frac{QS_{пл}}{I} a_i,$$

где $S_{пл}$ – статический момент плиты, m^3 ; I – момент инерции балки, m^4 .

В результате $T_1 = 168$ кН; $T_2 = 137$ кН; $T_3 = 113$ кН; $T_4 = 86,5$ кН.

Согласно СП 35.13330,2011 п. 10.17, расчетная несущая способность стального нагеля диаметром 16 мм в клееной балке толщиной 22 см:

– по смятию в средних элементах симметричного сечения

$$R_{см} = 0,441dt_1 = 0,441 \cdot 1,6 \cdot 22 = 15,53 \text{ кН};$$

– по изгибу нагеля диаметром 16 мм

$$R_{и} = 2,256d^2 = 2,256 \cdot 2,56 = 5,77 \text{ кН на срез.}$$

В итоге расчетная несущая способность двухсрезного нагеля принята $T_{наг} = 11,6$ кН.

Согласно формуле $n_i = \frac{T_i}{T_{наг}}$ количество двухсрезных нагелей по участкам I–IV балки составит: $n_1 = 168 / 11,6 = 14,5$; $n_2 = 137 / 11,6 = 11,8$; $n_3 = 113 / 11,6 = 9,9$; $n_4 = 86,5 / 11,6 = 7,4$.

В итоге соответственно по участкам принято 16, 12, 10 и 8 шт. (рис. 8).

Таким образом, деревожелезобетонные пролетные строения с балками из клееной древесины заводского изготовления возможно применять на современных автомобильных дорогах при нагрузках А14 и Н14 для пролетов не менее 15 м.

В настоящее время специализированными предприятиями по изготовлению деревянной клееной конструкции освоено изготовление широкого спектра клееных балок длиной до 18 м, высотой до 2 м и толщиной до 0,25 м и многослойных перекрестных плит с размерами, соответствующими предлагаемым конструкциям балок для мостов.



Рис. 8. Узел объединения железобетонной плиты и балок
(Ж.б. плита – железобетонная плита; d – диаметр)

Fig. 8. The junction point of the reinforced concrete slab and beams
(Ж.б. плита – reinforced concrete slab; d – diameter)

Заключение

В нормативных документах по лесным дорогам главное место отведено постоянным деревянным мостам. Ранее применяемые в дорожном строительстве деревянные мосты не соответствуют современным нагрузкам, требованиям по долговечности и безопасности движения, сняты с производства и заменены капитальными (железобетонными, стальными, сталежелезобетонными), в исключительных случаях используются как временные.

Рассмотренные и приведенные в данной статье конструкции пролетных строений из древесины могут быть с успехом внедрены на лесовозных дорогах. Для этого необходимо формирование специализированных предприятий по изготовлению пролетных строений из клееной древесины на основе цельно перевозимых конструкций заводского изготовления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Белуцкий И.Ю. Об эффективности клееных армированных деревянных балок // Изв. вузов. Строительство и архитектура. 1973. № 2. С. 16–22.
Belutskiy I.Yu. On the Effectiveness of Glued Reinforced Wooden Beams. *News of higher educational institutions. Construction*, 1973, no. 2, pp. 16–22. (In Russ.).
2. Дмитриев П.А. Конструкции из дерева и пластмасс. Специальный курс. Автомобильные и пешеходные мосты. Оренбург: Газпромиздат, 2002. 192 с.
Dmitriyev P.A. *Structures of Wood and Plastics. Special Course. Road and Pedestrian Bridges*. Orenburg, Gazpromizdat Publ., 2002. 192 p. (In Russ.).
3. Кулиш В.И. Клееные деревянные мосты с железобетонной плитой. М.: Транспорт, 1979. 160 с.
Kulish V.I. *Laminated Wooden Bridges with Reinforced Concrete Slab*. Moscow, Transport Publ., 1979. 160 p. (In Russ.).
4. Кулиш В.И., Белуцкий И.Ю., Быков Б.С., Цуканов В.П. Опыт проектирования, строительства и эксплуатации деревянных мостов с железобетонной плитой // Автомобильн. дороги. 1982. № 10. С. 7–9.
Kulish V.I., Belutskiy I.Yu., Bykov B.S., Tsukanov V.P. Experience of Designing, Construction and Operation of Laminated Wooden Bridges with Reinforced Concrete Slab. *Автомобильные дороги*, 1982, no. 10, pp. 7–9. (In Russ.).

5. Патент 2731968 С1 РФ, МПК E01D 2/04. Деревобетонное пролетное строение из дощато-брусчато-нагельно-гвоздевых блоков с железобетонной плитой, включенной в совместную работу с блоками: № 2019117816: заявл. 07.06.2019; опубл. 09.09.2020 / В.А. Уткин, И.И. Готовцев.

Utkin V.A., Gotovtsev I.I. *Wood-Concrete Span from Plank-Cobble-Dowel-Nailing Blocks with Reinforced Concrete Plate, which is Included into Joint Operation with Blocks*. Patent RF, no. RU 2 731 968 C1, 2020. 11 p. (In Russ.).

6. Патент № RU 2766385 С1, МПК E 01D 2/00. Деревобетонное пролетное строение с составными прогонами из брусьев и железобетонной плитой: № 2021110129: заявл. 13.04.2021; опубл. 15.03. 2022 / В.А. Уткин.

Utkin V.A. *Wood-Concrete Span with Composite Girders from Bars and Reinforced Concrete Slab*. Patent RF, no. RU 2 766 385 C1, 2022. 8 p. (In Russ.).

7. Стуков В.П. Совершенствование конструктивно-технологической системы пролетного строения с деревожелезобетонными балками // Изв. вузов. Лесн. журн. 2004. № 3. С. 56–60.

Stukov V.P. Improvement of Constructive-Technological System of Bridge Framework with Wood-Reinforced Concrete Beams. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2004, no. 3, pp. 56–60. (In Russ.).

8. Стуков В.П. Анализ состояния мостов с балками из клееной древесины // Изв. вузов. Лесн. журн. 2006. № 6. С. 52–57.

Stukov V.P. Bridges' State Analysis with Laminated Wood Beams. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2006, no. 6, pp. 52–57. (In Russ.).

9. Стуков В.П. Деревожелезобетонные балочные мосты на автомобильных дорогах: моногр. 2-е изд., испр. и доп. Архангельск: Севмашвтуз, 2009. 453 с.

Stukov V.P. *Timber-Reinforced Concrete Girder Bridges on the Roads*: Monograph. Arkhangel'sk, Sevmashtuz Publ., 2009. 453 p. (In Russ.).

10. Теоретические и экспериментальные исследования мостов и строительных конструкций: сб. науч. тр. под ред. проф. К.Х. Толмачева. № 4-6. Омск: Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1971–1973.

Theoretical and Experimental Studies of Bridges and Building Structures: Collection of Academic Papers. Ed. by Prof. Tolmachev K.Kh. No. 4-6. Omsk, Zapadno-Sibirskoye knizhnoye izdatel'stvo, 1971–1973. (In Russ.).

11. Уткин В.А. Обеспечение совместной работы перекрестной деревоплиты с ребрами в пролетных строениях из клееной древесины // Промышл. и гражданск. строительство. 2008. № 3. С. 40–41.

Utkin V.A. Maintenance of Joint Operation of Two-Way Timber Slab and Ribs in Span Structures Made of Glued Wood. *Promyshlennoe i Grazhdanskoe Stroitelstvo = Industrial and Civil Engineering*, 2008, no. 3, pp. 40–41. (In Russ.).

12. Уткин В.А., Кобзев П.Н. Автодорожные деревянные мосты нового поколения. Омск: СибАДИ, 2004. 56 с.

Utkin V.A., Kobzev P.N. *Road Timber Bridges of a New Generation*. Omsk, SibADI Publ., 2004. 56 p. (In Russ.).

13. Уткин В.А., Кобзев П.Н. Исследование напряженно-деформированного состояния ребристого пролетного строения из клееной древесины // Изв. вузов. Строительство. 2005. № 10. С. 94–100.

Utkin V.A., Kobzev P.N. Investigation of Stressed-Strain State of a Ribbed Span out of Glued Wood. *News of higher educational institutions. Construction*, 2005, no. 10, pp. 94–100. (In Russ.).

14. Уткин В.А., Кобзев П.Н., Басич Е.Е., Скиба В.В. О развитии и совершенствовании деревобетонных мостов // Вестн. СибАДИ. 2025. Т. 22, № 2. С. 296–318.

Utkin V.A., Kobzev P.N., Basich E.E., Skiba V.V. On Design and Development of Wood-Concrete Bridge Structure. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*, 2025, vol. 22, no. 2, pp. 296–318. (In Russ.). <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2025-22-2-296-318>

15. *Handbook 1 – Timber Structures*. Educational Materials for Designing and Testing of Timber Structures – TEMTIS. Leonardo da Vinci Pilot Project CZ/06/B/F/P P/1 68007, 2008. 243 p.

16. Hosseini M., Gaff M., Lair J., Hui D., Li H., Hosseini A., et al. Design and Analysis of Timber-Concrete-Based Civil Structures and Its Applications: A Brief Review. *Reviews on Advanced Materials Science*, 2023, vol. 62, iss. 1, art. 20220321.

<https://doi.org/10.1515/rams-2022-0321>

17. Rodrigues J.N., Dias A.M.P.G., Providência P. Timber-Concrete Composite Bridges: State-of-the-Art-Review. *BioResources*, 2013, vol. 8(4), pp. 6630–6649.

<https://doi.org/10.15376/biores.8.4.6630-6649>

18. Rodrigues J.N., Dias A.M.P.G., Providência P. Timber-Concrete Composite Bridges – Sustainability Assessment. *COST– Timber Bridges Conference 2014*. Biel/Bienne, Switzerland, University of Coimbra, 2014. 7 p.

19. Van der Linden M. Timber-Concrete Composite Beams. *HERON*, 1999, vol. 44, no. 3, pp. 215–239.

20. Wacker J.P., Dias A.M.P.G., Hosteng T.K. 100-Year Performance of Timber-Concrete Composite Bridges in the United States. *Journal of Bridge Engineering*, 2020, vol. 25, iss. 3, art. 04020006. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)BE.1943-5592.0001513](https://doi.org/10.1061/(ASCE)BE.1943-5592.0001513)

21. Yeoh D., Fragiacomio M., De Franceschi M., Heng Boon K. State of the Art on Timber-Concrete Composite Structures: Literature Review. *Journal of Structuring Engineering*, 2011, vol. 37, iss. 10, pp. 1085–1095.

[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X0000353](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X0000353)

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest