

Abstract. The article is devoted to the fight against sleet mountain road by ensuring proper adhesion of a mountain road with the wheels of vehicles. To increase traction on the ice offered to form a layer of rocky mountain road roughness by wastage rocky particles in the heated state with an ice layer. The paper describes the conditions and the results of experimental studies. The experimental dependence of the depth of immersion of rocky particles in the ice layer of pavement on the heating temperature are scattered rocky particles for various fractions of rocky particles. Rational values defined temperature heating rocky particles.

Keywords: rocky particles, ice layer, the roughness, the heating temperature, diving depth.

References

1. Sharshembiev Zh.S. Analiz prirodno-klimaticheskikh faktorov, vliuivshih na pokazateli ekspluatatsionnykh svoystv kolesnykh mashin v gornyykh usloviyakh [Analysis of climatic factors influencing the performance properties of wheeled vehicles in the mountains]. *Izvestiya vuzov*. – Bishkek, 2011, no 7, pp. 17-21.
2. Barpiev, A.Zh., Zholdosheva G.Zh. Vlianie uvelicheniya intensivnosti dvizheniya avtomobilei po gornym dorogam na kolichestvo DTP [The Influence of increasing intensity of car traffic on mountain roads the number of traffic accidents]. *Science and New Technologies*. – Bishkek, 2014, no 2, pp. 25-27.
3. A Practical Guide for Snow and Ice Control: The Snowfighter's Handbook. – Alexandria. Virginia, USA: The Salt Institute, 2013. – 24 p.
4. Walus K.J. Analysis of Tire-road Contact Under Winter Conditions. Proceedings of the World Congress on Engineering. Vol. III, July 6 – 8, 2011, London, UK. – pp. 2381-2384.
5. Goman, M.V., Ignat'ev A.D. Sposoby povysheniya bezopasnosti dvizheniya avtomobil'nogo transporta na dorogah s nizkim koeffitsientom stepeniya [Ways to improve the safety of road transport on roads with a low coefficient of adhesion]. *Stritel'nye i dorozhnye mashiny*, 2014, no 5, pp. 20-22.
6. Veukov E.V. Technologii stroitel'stva i ochistki oto l'da lesovoznykh dorog s antigoleddnym pokrytiem [Technology of building and cleaning of ice logging roads with anti-icing coating]: author. dis... candidate. tech. Sciences : 05.21.01 / E.V.Veukov; - scientific. hands. Professor M.G. Salikhov; Powolj. State Indus. University - Yoshkar-Ola, 2013. – 20 p.
7. Turgumbaev J.J., Gaparova Zh.T., Turgumbaev S.Zh. Ustroistvo dlia obrazovaniya sherohovatosti na ledianoi poverhnosti dorogi [Device for the formation of roughness on the ice surface road]. Patent KR, no 20100062.1, 2011.
8. Turgumbaev J.J., Gaparova Zh.T. Vzaimodeistvie pnevmaticheskikh koles so snezhnoi poverhnost'iu gornoi dorogi pri nalichii kamenistoi sherohovatosti [The Interaction of pneumatic wheels with snow surface mining road in the presence of rocky roughness]. *Science and New Technologies*. – Bishkek, 2014, no 2, pp. 41-44.

Тургумбаев Женишбек Жумадылович (Бишкек, Кыргызстан) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры “Механика и промышленная инженерия” Кыргызского государственного технического университета (КГТУ) им. И.Раззакова (720044, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова, 66, e-mail: t_jenish@mail.ru).

Гапарова Жанаркан Тахтакуновна (Бишкек, Кыргызстан) – старший научный сотрудник НИИ физико-технических проблем при КГТУ им. И.Раззакова (720044, г. Бишкек, пр. Ч.Айтматова, 66, e-mail: janar_2018@mail.ru).

Turgumbaev Jenishbek Jumadilovich (Bishkek, Kyrgyzstan) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Department of Mechanics and industrial engineering of the Kyrgyz State Technical University (KSTU) named after I.Razzakov (720044, Bishkek, Ch.Aitmatov ave., 66, e-mail: t_jenish@mail.ru).

Gaparova Zhanarkan Takhtakhunovna (Bishkek, Kyrgyzstan) – Senior Researcher, Research Institute of Physical and Technical Problems under the KSTU named after I.Razzakov (720044, Bishkek, Ch.Aitmatov ave., 66, e-mail: janar_2018@mail.ru).

УДК 624.273

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СОСТАВНЫХ ПРОГОНОВ ИЗ БРЕВЕН С СОЕДИНЕНИЯМИ НА ГЛУХИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ НАГЕЛЯХ, ЗАЩЕМЛЕННЫХ В СТАЛЬНЫХ ПЛАСТИНАХ

В.А. Уткин, Н.В. Синиговская

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия «СибАДИ», Омск, Россия;

Аннотация. Настоящая статья посвящена исследованию разработанных на кафедре мостов пролетных строений с составными прогонами из бревен, объединяемых для совместной работы посредством глухих цилиндрических нагелей, заделанных

ных в стальных пластинах, разработке методов их расчета и совершенствованию конструктивно-технологических форм пролетных строений. Особенностью рассматриваемых нагельных соединений является жесткое защемление нагелей в спаренных стальных накладках. В силу жесткой заделки нагеля по шву сопряжения следует ожидать повышения несущей способности соединения за счет изгибной жесткости нагеля и за счет местного смятия древесины под нагелем. Для учета податливости рассматриваемого нагельного соединения разработан новый метод расчета. Представленные материалы свидетельствуют об эффективности принимаемых решений.

Ключевые слова: составные прогоны из бревен, глухие цилиндрические нагели, упругая податливость, напряжения смятия нагельного гнезда, несущая способность соединения

Введение

За последние 15-20 лет древесина за рубежом получила широкое признание и смогла стать конкурентоспособным конструкционным материалом. Отличительной чертой современных методов строительства деревянных мостов стала их индустриальность. Наибольшее распространение получили те конструкции, которые монтируются в короткие сроки из полностью готовых элементов или блоков, при этом, благодаря заводскому изготовлению элементов, увеличились сроки службы сооружений, упростился монтаж, а сроки строительства сократились. Большую роль в развитии индустриального мостостроения играют клееные конструкции, отвечающие всем современным требованиям, предъявляемым к строительству [1].

Отечественное деревянное мостостроение шло и развивалось своим самобытным путем, опираясь на неограниченные лесные ресурсы и высокое плотничное мастерство русского работника. В 1960 году на автодорогах России из общего количества мостов 92 % были деревянными, построенными по нормам военного времени. В это время основой государственной технической политики в области строительства, в том числе транспортного строительства, стало повсеместное внедрение сборного железобетона. Был отдан бескомпромиссный приоритет сборному железобетону в ущерб всем другим материалам, конструкциям и технологиям. Комплексная целевая программа на 1988-1990 и до 2000 года «Мировой уровень», обозначившая до конца века приоритеты отечественного мостостроения для железобетонных и стальных мостов, начисто игнорировала деревянные мосты вопреки мировому опыту. Деревянные мосты на автомобильных дорогах федерального значения были полностью заменены железобетонными или стальными. На дорогах других категорий они также утратили своё лидирующее положение и доля их постоянно

снижается до сегодняшних дней. В этой связи накопленный опыт проектирования и строительства деревянных, комбинированных (с использованием деревянных конструкций) мостов оказался практически утраченным. Ранее разработанные серии типовых проектов деревянных мостов устарели, ранее построенные деревянные мосты разрушаются, а с ними разрушаются установившиеся связи между населенными пунктами и сами поселения в том числе. Ясно, что все отработавшие свой срок деревянные мосты нельзя заменить капитальными из железобетона и стали, нельзя их заменить и современными на основе клееных конструкций. Для этого потребуется время, средства и воля руководства отрасли на создание индустриальной базы по внедрению клееной древесины в транспортное строительство. Несмотря на лесное богатство нашей страны, на развитое лесозаготовительное производство и относительно низкую стоимость древесины, производство клееной древесины для мостостроения было прекращено.

Учеными нашей страны внесен существенный вклад в развитие теории и практики применения деревянных клееных конструкций (ДКК) в мостостроении, были построены предприятия (мастерские) по изготовлению мостовых балок из клееной древесины, разработаны проекты, построены мосты, которые показали высокую жизнеспособность, сопоставимую даже с железобетонными мостами. Получен богатый материал для дальнейшего совершенствования и применения этих конструкций. К сожалению, в настоящее время предприятия по изготовлению мостовых конструкций и построенные мосты разобраны, проектные и исследовательские группы специалистов этими вопросами не занимаются.

Если процесс воспроизводства клееной древесины требует определенных затрат и времени, то производство традиционных кон-

струкций пролетных строений можно развивать и совершенствовать. Переход на новые временные нагрузки не является основанием для прекращения строительства мостов из древесины. На кафедре мостов СибАДИ разрабатываются и внедрены в производство пролетные строения под современные нагрузки из коробчатых дощато-брусчатонагельно-гвоздевых блоков длиной 15 метров, пролетные строения с составными прогонами из бревен длиной 7,5 и более метров. Первый опытный мост с отмеченными пролетными строениями построен 11 лет назад. Несущие конструкции моста находятся в отличном состоянии, не имеют повреждений, конструктивно защищены от атмосферных воздействий при постоянной влажности 10-14%. Такие условия содержания гарантируют жизнестойкость сооружений 50 и более лет. В настоящее время в Омской области построено 9 таких мостов. Материалы по этой работе были опубликованы в сборнике РОСАВТОДОРА «Дороги и мосты» [2,3], доложены на конференциях, посвященных опыту и пер-

спективам применения новых строительных материалов и новых технологий в дорожном и мостовом хозяйстве Новосибирской области 2014 и 2016 г. и др. Однако, дело продвигается медленно.

Настоящая статья посвящена исследованию разработанных на кафедре мостов пролетных строений с составными прогонами из бревен, объединяемых для совместной работы посредством глухих цилиндрических нагелей, заделанных в стальных пластинах, разработке методов их расчета и совершенствованию конструктивно-технологических форм.

Конструкция пролетного строения с составными прогонами из бревен

Пролетное строение [4] составлено из попарно объединенных связями 1 прогонов 2, содержащих окантованные на два канта бревна 3, соединенные между собой по окантованным плоскостям гребенчатыми накладками из стальных пластин 4 и жестко закрепленных в них цилиндрических глухих нагелей 5 (рис. 1 а, б).

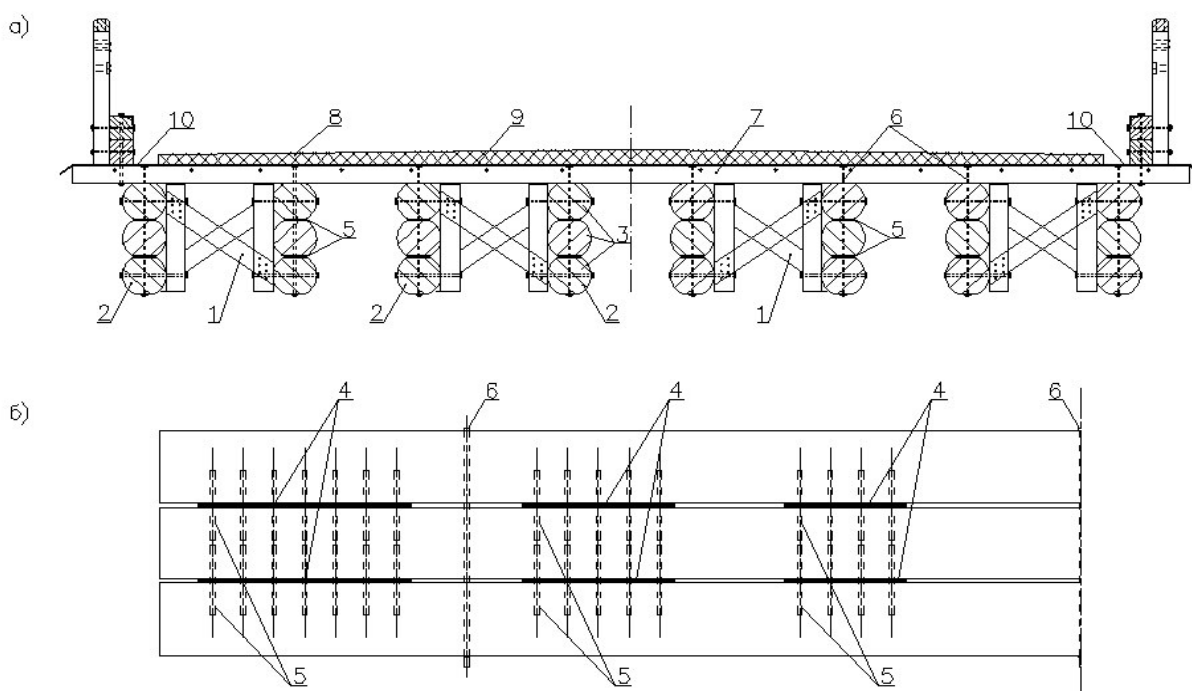


Рис.1 Конструкция пролетного строения с составными прогонами из бревен: а – поперечное сечение; б - составной прогон на длине половины пролета

Нагели 5 установлены в заранее засверленные для них отверстия, составные пакеты из бревен объединены стяжными болтами 6, а совмещенные пластины 5 сваркой. По спаренным блокам прогонов уложена брусчатая

деревоплита 7 с гидроизоляционным слоем 9 из мостопласта и асфальтобетонным покрытием 8. Отвод воды с проезжей части производится за счет поперечных уклонов и продольных стальных лотков 10.

Предложенная конструкция впервые в 2004 году была применена на строительстве опытного моста через реку Ушайра в Знаменском районе Омской области для перекрытия береговых пролетов длиной 7,4 метра под нагрузку А11 и НГ-60. При проектировании составных прогонов соединения между отдельными ветвями рассматривались абсолютно жесткими с введением поправочных коэффициентов, уменьшающих жесткость поперечных сечений на изгиб. Статические испытания пролетных строений временной нагрузкой перед приемкой моста в эксплуатацию показали соответствие фактического и теоретического напряженно-деформированного состояний конструкции.

Опыт применения составных прогонов с описанными связями сдвига показал высокую эффективность их как при изготовлении прогонов, связанную с упрощением конструкции и процессов соединения, так и при обеспечении совместной работы отдельных элементов между собой. Изучение влияния податливости применяемых нагельных соединений на НДС пролетных строений ранее не проводилось.

Соединения составных стержней (прогонов)

Составной стержень (балка, прогон) может иметь в поперечном сечении несколько элементов (частей), соединенных между собой по всей длине. При жестком соединении частей его можно считать монолитным, даже, если части его выполнены из различных материалов. В других случаях приходится учитывать податливость соединений. В деревянных мостах составные балки (прогоны) применяли для перекрытия пролетов длиной 8-10 метров. В качестве соединительных элементов применяли деревянные колодки из древесины твердых пород, стальные пластинчатые нагели, стальные цилиндрические нагели, равномерно распределяемые по длине соединений. С переходом на более тяжелые временные нагрузки применение составных прогонов из брусьев и бревен в мостах практически прекратилось. Стальные цилиндрические нагели, наоборот, нашли применение

в соединениях железобетонной плиты с клееными балками деревобетонных пролетных строений [5, 6].

Соединения со стальными накладками на глухих цилиндрических нагелях являются мало востребованными в практике деревянных конструкций, а в нормативных документах отсутствуют необходимые данные для расчета этих соединений. В своде правил [7], например, содержатся указания (п.7.16), допускающие их применение при условии обеспечения необходимой плотности постановки нагелей, указано минимальное заглубление нагеля в древесину на 5 диаметров и требование к диаметру отверстия, которое должно быть на 0,5 мм меньше диаметра нагеля. В [8] все необходимые указания для расчета относятся только к сквозным цилиндрическим нагелям.

В настоящей работе предполагается, что стальные цилиндрические нагели диаметром от 12 до 25 мм жестко закреплены в стальных пластинах сваркой, плотно установлены в подготовленные отверстия в сопрягаемых плоскостях прогонов, которые после совмещения стальных накладок при составлении прогонов объединены в единое целое фланговой сваркой по кромкам.

Особенности работы нагельных соединений с цилиндрическими нагелями, защемленными в стальных пластинах

Работа нагельных соединений деревянных конструкций сравнительно хорошо изучена. Однако решение вопроса о характере работы составных прогонов без знания величин упругой податливости и обмятия при расчетном значении несущей способности связующих элементов не может быть выполнено.

Особенностью рассматриваемого нагельного соединения является жесткое защемление нагелей в спаренных стальных накладках. В силу жесткой заделки нагеля по шву сопряжения следует ожидать повышения несущей способности соединения, как за счет повышения изгибной жесткости нагеля, так и местного смятия древесины под нагелем (рис.2).

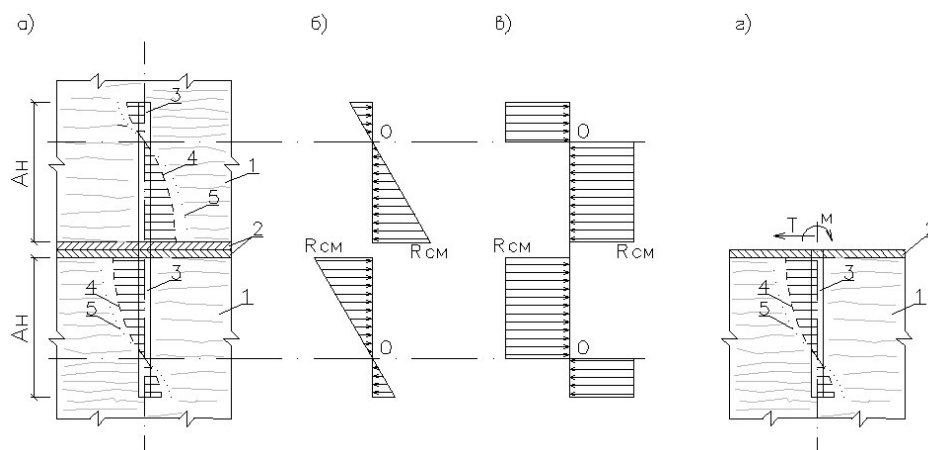


Рис.2. Схема работы цилиндрического нагеля, защемленного в стальной пластин:
 а) деформация смятия древесины в отверстии; б) эпюры напряжений в упругой стадии; в) эпюры напряжений смятия в нагельном гнезде в предельной стадии;
 г) условия равновесия нагеля в гнезде. 1-древесина прогона; 2-стальная пластина;
 3-стальной цилиндрический нагель; 4-эпюра смятия гнезда в упругой стадии; 5-тоже в предельной стадии

Известно, что работа древесины на смятие в отверстии характеризуется неравномерным распределением напряжений смятия по окружности отверстия. Это приводит к снижению сопротивления древесины при смятии в отверстии вдоль волокон и обуславливает появление расклинивающих усилий. По опытным данным ЦНИИСК напряжения на смятие нагельного гнезда вдоль волокон при кратковременном действии нагрузки для древесины сосны оценены в 240 кг/см^2 или $0,8R_{ds}$.

Что касается учета влияния защемления нагелей в стальных накладках, то данное соединение может быть сопоставимо с жесткой заделкой нагелей в железобетонной плите.

Исследования работы цилиндрических стальных нагелей в деревобетонной конструкции под действием статической нагрузки были выполнены В.И. Кулишом [9]. В основе теоретических исследований были приняты следующие допущения:

Несущая способность нагельных соединений со стальными цилиндрическими нагелями из условий скалывания и раскалывания древесины может быть обеспечена при условии соблюдения норм их расстановки (табл. 69 СН 200-62; табл. 10.10 СНиП 2.05.03-84).

За предельное состояние принимается состояние, когда напряжения смятия под нагелем в гнезде древесины по всей длине достигает предела прочности при смятии или, когда несущая способность изгибу нагеля исчерпывается полностью с образованием

шарнира пластичности в корне консоли по контактному слою.

Распределение напряжений в древесине вдоль нагеля (гнезда нагеля) условно принято в виде эпюры из прямоугольников, упруго-изгибаемая ось нагеля прямолинейна, заделка нагеля жесткая.

Поперечные силы, силы трения по контактному слою и моменты, стремящиеся оторвать продольные элементы составных балок друг от друга, не учитываются.

Предельное значение величины несущей способности нагельного соединения по смятию ограничено предельными деформациями смещения в уровне контактного слоя соединяемых элементов – $0,1 \text{ см}$.

Экспериментальные исследования В.И. Кулиша позволили оценить расчетную несущую способность нагельного соединения (в кг/см^2) при ограничении взаимного сдвига деревянного и бетонного элементов величиной $0,1 \text{ см}$ выражением

$$[T_n] = 90 \cdot a_d \cdot d_n, \quad (1)$$

жесткость нагельного соединения выражением

$$\chi = \frac{[T_n]}{0,1 \cdot a_n}, \quad (2)$$

а расчетное значение модуля упругости нагеля на сдвиг выражением

$$G_n = 900 \cdot a_d \cdot d_n \quad (3)$$

где a_d - глубина заделки нагеля в древесине; d_n - диаметр нагеля a_n - расстояние между нагелями.

Экспериментальными исследованиями при длительном действии нагрузки П. А. Дмитриева [10] установлено, что нарастание деформаций смятия прекратилось под нагрузками $0,5R_{ds}$ у всех образцов. В результате были получены расчетные сопротивления для сосны в отверстии для нагелей диаметром от 6 до 25 мм в пределах от 110 до 85 кг/см², соответственно. Сопоставимые результаты двух независимых исследований [9,10] указывают на возможность практического использования выражений (1-3) в расчетах.

Аналогичный вывод был принят за основу А.В. Шумахером [11] при определении жесткости нагельных соединений и воздействии многократно-повторной нагрузки.

Расчет составных балок с учетом ограничения взаимного сдвига в уровне контакта соединяемых элементов

В основу предлагаемого метода положена теория составных стержней Ржаницына А.Р. с использованием метода сил [11], где со-

ставной стержень со связями сдвига и поперечными связями представлен внутренне статически неопределимой балкой. Оба вида связей непрерывно распределены по длине шва. В качестве основной системы принята система стержней, лишенная связей сдвига, действие которых заменено функциональными неизвестными τ_i . Благодаря наличию абсолютно жестких поперечных связей данная система эквивалентна совместно изгибаемым стержням по одной и той же кривой изгиба. Расчет сводится к решению системы дифференциальных уравнений относительно сдвигающих усилий в швах.

В отличие от составных стержней с равномерным и непрерывным распределением связей сдвига составные прогоны из бревен оснащены соединениями из групп глухих цилиндрических нагелей, жестко зашпеленных в стальных пластинах на восприятие определенного сосредоточенного сдвига. В этом случае определение неизвестных усилий в связях сдвига сводится к решению системы линейных уравнений, составленных из условия ограничения предельных сдвигов величиной 0,1 см.

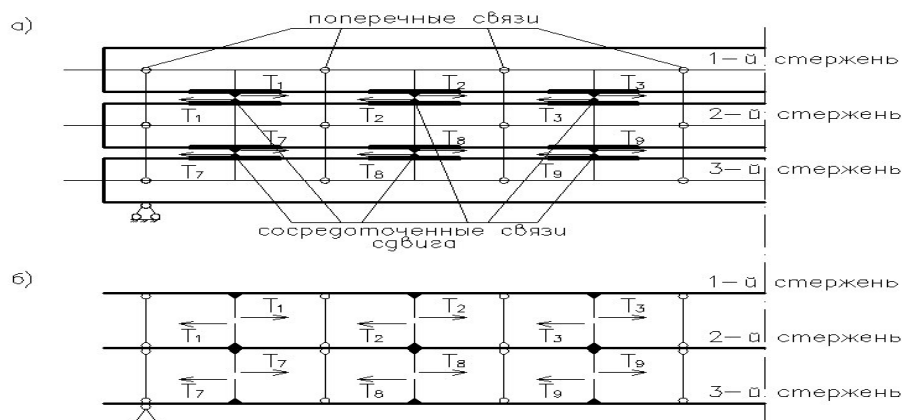


Рис. 3 Основная система составного прогона с сосредоточенными связями сдвига
а) из отдельных совместно изгибаемых бревен;
б) приведенная к осевым линиям

Основная система составного прогона из трех бревен с сосредоточенными связями сдвига приведена на рис.3,а, приведенная к осевым линиям – на рис. 3,б. На рисунке показана только левая часть основной системы. С учетом симметрии конструкции правая часть системы зеркально симметрична левой, включая направления неизвестных усилий в связях сдвига.

Общая жесткость на изгиб составного прогона, лишенного связей сдвига, равна

сумме жесткостей составляющих стержней (бревен):

$$\sum_{i=1}^{n+1} E_i J_i = \sum E J \quad (4)$$

Систему линейных уравнений эквивалентности основной и заданной систем представим в матричной форме:

$$\mathbf{A} \vec{T} + \mathbf{D}_F + \mathbf{D}_D = 0 \quad (5)$$

Здесь

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} & \dots & \delta_{1n} \\ \delta_{21} & \delta_{22} & \dots & \delta_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \delta_{n1} & \delta_{n2} & \dots & \delta_{nn} \end{bmatrix}, \quad \vec{T} = \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ \dots \\ T_m \end{bmatrix}, \quad \vec{\Delta}_F = \begin{bmatrix} \Delta_{1F} \\ \Delta_{2F} \\ \dots \\ \Delta_{nF} \end{bmatrix},$$

где $\mathbf{A}$ – матрица коэффициентов канонических уравнений, $\vec{T}$ – вектор неизвестных усилий сдвига, $\vec{\Delta}_F$ – вектор грузовых перемещений, $\mathbf{D}_D$ – предельно допустимый сдвиг.

Усилия в связях сдвига вызывают моменты и продольные силы в составляющих стержнях. Полный изгибающий момент в системе будет равен сумме изгибающих момен-

тов в сечениях каждого составляющего стержня основной системы от внешней нагрузки плюс сумма моментов от усилий в связях сдвига:

$$M = M_O + \sum_{i=1}^{n+1} M_i^T, \quad (6)$$

где n – число швов стержня.

Продольные напряжения определяются по формуле:

$$\sigma_x = N_i / A_i + M_i \cdot y_i / J_i. \quad (7)$$

Пример расчета составного прогона пролетного строения длиной 7,5 метров в составе восьми прогонов из трех бревен.

Отброшенные связи в швах между бревнами (рис.3 б) заменены парными неизвестными усилиями сдвига T_i . Расстояние между центрами связей принято равным 1,0 м на расстоянии 0,5 м от опорного сечения симметрично с каждой стороны опор. Исходные данные приведены на рисунке 4.

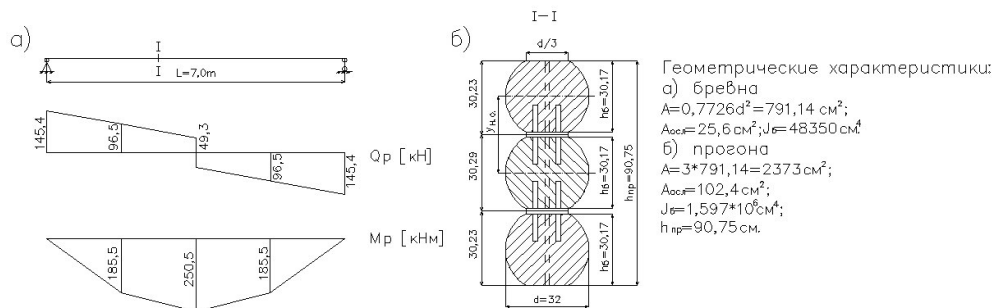


Рис. 4. Исходные данные для расчета прогона: а) эпюры расчетных усилий; б) геометрические характеристики прогона

Определение коэффициентов канонических уравнений и свободных членов производим по известным формулам Мора:

$$\delta_{ik} = \sum_0^l \frac{\bar{M}_i \bar{M}_k}{EJ} dx = (\bar{M}_i) \times (\bar{M}_k),$$

$$\Delta_{iF} = \sum_0^l \frac{\bar{M}_i M_F}{EJ} dx = (\bar{M}_i) \times (M_F) \quad (8)$$

Эпюры единичных моментов от парных неизвестных в уровне шва между 1-м и 2-м стержнями и грузовых моментов в основной системе приведены на рисунке 5.

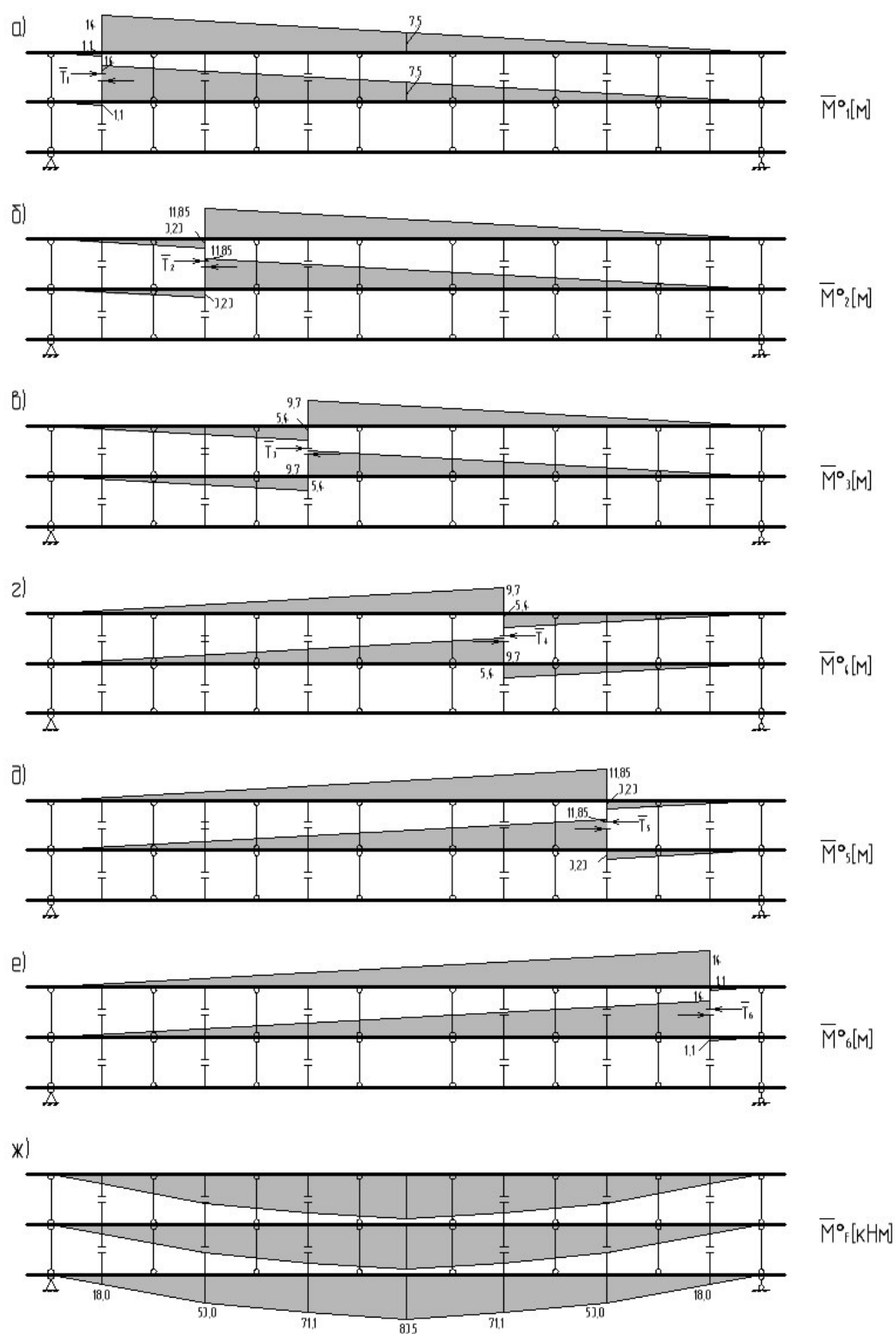


Рис.5 Эпюры единичных моментов(а-е) и грузовых моментов (ж) в основной системе прогона. Примечание: эпюры единичных моментов от сдвигов во втором шве не показаны ввиду их полной идентичности с эпюрами для шва 1-2.

Ниже приводятся матрица **A** и столбец $(\bar{\Delta}_F + D_D)$ с численными значениями единичных коэффициентов и свободных членов системы уравнений (5) для рассматриваемого

прогона, где значения δ_{ik} следует умножить на 10^{-5} , **D_D** принять равным 0,1 см.

$$A = \begin{vmatrix} 1,757 & 0,952 & 0,281 & 0,661 & 0,929 & 0,749 & 0,879 & 0,476 & 0,140 & 0,330 & 0,465 & 0,375 \\ 0,952 & 1,086 & 0,415 & 0,527 & 0,590 & 0,929 & 0,476 & 0,543 & 0,207 & 0,263 & 0,295 & 0,465 \\ 0,281 & 0,415 & 0,684 & 0,232 & 0,527 & 0,661 & 0,140 & 0,207 & 0,342 & 0,116 & 0,263 & 0,330 \\ 0,661 & 0,527 & 0,232 & 0,684 & 0,415 & 0,281 & 0,330 & 0,263 & 0,116 & 0,342 & 0,207 & 0,140 \\ 0,929 & 0,590 & 0,527 & 0,415 & 1,086 & 0,952 & 0,465 & 0,295 & 0,263 & 0,207 & 0,543 & 0,476 \\ 0,749 & 0,929 & 0,661 & 0,281 & 0,952 & 1,757 & 0,375 & 0,465 & 0,330 & 0,140 & 0,476 & 0,879 \\ 0,879 & 0,476 & 0,140 & 0,330 & 0,465 & 0,375 & 1,757 & 0,952 & 0,281 & 0,661 & 0,929 & 0,749 \\ 0,476 & 0,543 & 0,207 & 0,263 & 0,295 & 0,465 & 0,952 & 1,086 & 0,415 & 0,527 & 0,590 & 0,929 \\ 0,140 & 0,207 & 0,342 & 0,116 & 0,263 & 0,330 & 0,281 & 0,415 & 0,684 & 0,232 & 0,527 & 0,661 \\ 0,330 & 0,263 & 0,116 & 0,342 & 0,207 & 0,140 & 0,661 & 0,527 & 0,232 & 0,684 & 0,415 & 0,281 \\ 0,465 & 0,295 & 0,263 & 0,207 & 0,543 & 0,476 & 0,929 & 0,590 & 0,527 & 0,415 & 1,086 & 0,952 \\ 0,375 & 0,465 & 0,330 & 0,140 & 0,476 & 0,879 & 0,749 & 0,929 & 0,661 & 0,281 & 0,952 & 1,757 \end{vmatrix} \quad \bar{\Delta}_F = \begin{vmatrix} 1,21 \\ 0,97 \\ 0,58 \\ 0,58 \\ 0,97 \\ 1,21 \\ 1,21 \\ 0,97 \\ 0,58 \\ 0,58 \\ 0,97 \\ 1,21 \end{vmatrix}$$

В результате решения системы уравнений получим следующие значения усилий сдвига: $T_1 = T_6 = T_7 = T_{12} = 225$ кН; $T_2 = T_5 = T_8 = T_{11} = 61,7$ кН; $T_3 = T_4 = T_9 = T_{10} = 127,6$ кН.

В итоге с учетом выражения (6) построены эпюры расчетных изгибающих моментов и продольных сил в составляющих составной прогон элементах-бревнах (рис.6).

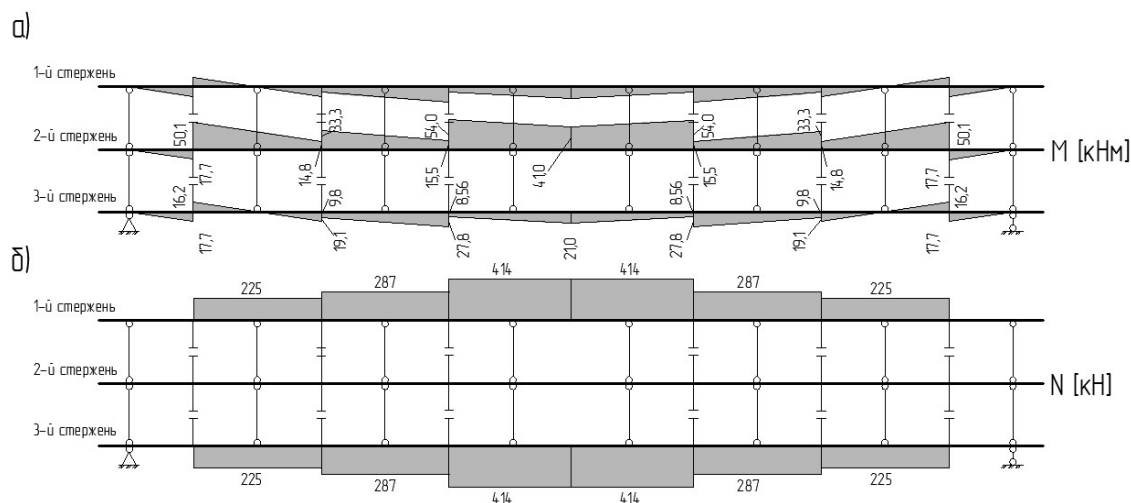


Рис.6 Эпюры расчетных усилий в составном прогоне

Нормальные напряжения в расчетных сечениях середины пролета согласно (7):

- в фибрах верхнего бревна

$$\sigma_{\text{в}} = -\frac{414 \times 10^2}{791} - \frac{21 \times 10^4}{48350} \times 15,08 = -117,8 \text{ кГс/см}^2;$$

$$\sigma_{\text{н}} = -\frac{414 \times 10^2}{791} + \frac{21 \times 10^4}{48350} \times 15,08 = 13,2 \text{ кГс/см}^2$$

- тоже среднего бревна

$$\sigma_{\text{в,н}} = \pm \frac{41 \times 10^4 \times 15,08}{48350} = \pm 127,87 \text{ кГс/см}^2 \leq R_{\text{дб}} = 15,7 \text{ МПа}$$

- нижнего бревна

$$\sigma_{\text{в}} = \frac{414 \times 10^2}{791} - \frac{21 \times 10^4}{48350} \times 15,08 = -13,2 \text{ кГс/см}^2$$

$$\sigma_{\text{н}} = \frac{414 \times 10^2}{791} + \frac{21 \times 10^4}{48350} \times 15,08 = 117,8 \text{ кГс/см}^2$$

Таким образом, условие прочности для сечения в середине пролета выполняется. Некоторое превышение нормальных напряжений над расчетным сопротивлением отмечается в среднем бревне в местах установки симметричных связей T_3 и T_9 , T_4 и T_{10} :

$$\sigma_{сж} = \pm \frac{54 \times 10^4 \times 15,08}{48350} = \pm 168,4 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} \geq R_{дб} = 15,7 \text{ МПа}$$

Данное отклонение связано со скачкообразным характером распределения моментов на эпюре от действия усилий сдвига. На самом деле, передача изгибающего момента от сдвигающих усилий при данной конструкции соединений проводится равномерно без скачков.

Закключение

Применение древесины в строительстве мостов в США, Канаде, Скандинавских странах, не испытывающих недостатка в стали и цемента, может быть объяснено только экономической эффективностью этого природного материала и целым рядом его преимуществ.

В нашей стране, несмотря на лесное богатство, развитое лесозаготовительное производство, относительно низкую стоимость древесины, применение ее в мостовых конструкциях практически прекращено.

На волне массового внедрения сборного железобетона в строительство, в 70-е годы прошлого столетия деревянные мосты были отнесены к отряду временных и подлежащих замене на капитальные из стали и железобетона. Выполнить эту задачу частично удалось только на федеральных дорогах. На остальных дорогах, особенно в отдаленных районах страны, все проблемы дорожного строительства легли на плечи местной администрации, которая при отсутствии средств пытается сохранять устаревшие деревянные мосты, с трудом обеспечивая проезд местного транспорта.

Долговечность древесины, как материала, доказана жизнью, ее следует обеспечивать конструктивными приемами и содержанием, а не исключать из мостостроения под предлогом временных конструкции. Переход на новые временные нагрузки не является основанием для прекращения строительства деревянных мостов. Если процесс воспроизводства клееной древесины требует определенных затрат и времени, то производство традиционных конструкций пролетных строений можно развивать и совершенствовать. Примером тому могут служить построенные в последние годы в Омской области из местных материалов мосты с дощато-гвоздевыми пролетными строениями, стоимость которых в полтора раза ниже железобетонных.

Статья посвящена внедрению в практику проектирования и строительства мостов на

дорогах IV-V категории простых конструкций из бревен, бруса и досок под современные (автомобильные и колесные) нагрузки. Рассматриваются балочные пролетные строения в виде составных прогонов из бревен для перекрытия пролетов более 8-10 метров. Представленный материал позволяет сделать следующие выводы:

Составные прогоны из бревен с соединениями из цилиндрических нагелей, защемленных посредством сварки в стальных пластинах, позволяют проектировать балочные деревянные мосты с пролетами более 8 метров под современные тяжелые нагрузки, что расширяет область применения деревянных мостов в настоящее время.

Предлагаемый метод расчета составных стержней выполнен в развитие метода Ржаницына А.Р. и позволяет с высокой точностью учесть податливость связей сдвига при дискретном их размещении.

Мосты с составными прогонами из бревен не требуют дорогих строительных материалов и оборудования и могут успешно вводиться с использованием местной рабочей силы.

Библиографический список

1. Уткин В.А., Кобзев П.Н. Автодорожные деревянные мосты нового поколения: Монография. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2004. – 56с.
2. Уткин В.А., Пузиков В.И., Кобзев П.Н. Опыт внедрения новой конструкции дощато-гвоздевого пролетного строения в дорожном строительстве Омской области / В.А. Уткин, В.И. Пузиков, П.Н. Кобзев // Дороги и мосты. – М.: Росдорнии. – 2008. – Вып. 19/1. – С. 162-171.
3. Уткин В.А. О применении древесины для строительства мостов / В.А. Уткин, В.И. Пузиков, Б.В. Казанцев, М.Ю. Каретников // Дороги и мосты. – М.: Росдорнии. – 2014. – Вып. 32/2. – С. 127-142.
4. Пролетное строение с составными прогонами из бревен: свидетельство на полезную модель № 29938 / В.А. Уткин, В.И. Пузиков, М.Ю. Каретников; ООО Проектно-исследовательская фирма «ПИК»; зарегистрирован 10.06.2003.
5. Кулиш В.М. Клееные деревянные мосты с железобетонно плитой. – М.: Транспорт, 1979.
6. Дмитриев П.А. Конструкции из дерева и пластмасс. Специальный курс. Автодорожные и пешеходные мосты. – Оренбург: ИПК «Газпромнефть» 2002.
7. СП 64.13330.2011 Деревянные конструкции (актуализированная редакция СНиП II-25-80) М. 2011.
8. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы (актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84) М. 2011.
9. Кулиш В.И. Исследование работы и расчет на прочность клееных деревянных конструкций

балочных мостов, объединенных с железобетонной плитой. Диссертация. Хабаровск, 1964.

10. Дмитриев П.А. Исследование прочности древесины на смятие в отверстиях при кратковременном и длительном действии нагрузки // Известия вузов. Строительство и архитектура, 1965. - №12. - с. 165-173.

11. Шумахер А.В. Исследование выносливости клееных балок, объединенных с железобетонной плитой. Диссертация. Омск, 1967.

12. Ржаницын А. Р. Строительная механика: Учебное пособие. - Москва: «Высшая школа», 1982.-400 с.

Reference

1. Utkin V.A., Kobzev P.N. Avtodorozhnye derevyannye mosty novogo pokoleniya: Monografiya. - Omsk: Izd-vo SibADI, 2004. - 56s.

2. Utkin V.A., Puzikov V.I., Kobzev P.N. Opyt vnedreniya novoy konstruktssii doshaty-gvozdevogo proletnogo stroeniya v dorozhnom stroitel'stve Omskoy oblasti / V.A. Utkin, V.I. Puzikov, P.N. Kobzev //Dorogi i mosty. - M.: Rosdornii. - 2008.- Vyp. 19/1. - S. 162-171.

3. Utkin V.A. O primenenii drevesiny dlya stroitel'stva mostov /V. A. Utkin, V.I. Puzikov, B.V. Kazantsev, M.Yu. Karetnikov //Dorogi i mosty. - M.: Rosdornii. - 2014. - Vyp.32/2. - S. 127-142.

4. Proletnoe stroenie s sostavnymi progonami iz breven: svidetel'stvo na poleznuyu model' № 29938 / V.A. Utkin, V.I. Puzikov, M.Yu. Karetnikov; ООО Proektno-issledovatel'skaya firma «PIK»; zaregistririvan 10.06.2003.

5. Kulish V.M. Kleenye derevyannye mosty s chelezobetonnoy plitoy. - M.: Transport, 1979.

6. Dmitriev P.A. Konstruktsii iz dereva i plastmass. Spetsial'nyy kurs. Avtodorozhnye i peshexodnye mosty. - Orenburg: IPK «Gazprompechat'» 2002.

7. SP 64.13330.2011 Derevyannye konstruktsii (aktualizirovannaya redaktsiya SNIIP II-25-80) M. 2011.

8. SP 35.13330.2011 Mosty i truby (aktualizirovannaya redaktsiya SNIIP 2.05.03-84) M. 2011.

9. Kulish V.I. Issledovanie raboty i raschet na prochnost' kleenyykh derevyannykh konstruktsiy balochnykh mostov, ob'edinennykh s chelezobetonnoy plitoy. Dissertatsiya. Xabarovsk, 1964.

10. Dmitriev P.A. Issledovanie prochnosti drevesiny na smyatie v otverstii pri kratkovremennom i dlitel'nom deystvii nagruzki // Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo i arkhitektura, 1965. - № 12. - s. 165-173.

11. SHumaxer A.V. Issledovanie vynoslivosti kleenyykh balok, ob'edinennykh s chelezobetonnoy plitoy. Dissertatsiya. Omsk, 1967.

12. Rchanitsyn A. R. Stroitel'naya mexanika: Uchebnoye posobie. - Moskva: «Vysshaya shkola», 1982.- 400 s.

STUDY OF CARRYING CAPACITY OF COMPOUND GIRDERS MADE OF LOGS WITH BOUNDINGS ON DEAF CYLINDRICAL NOG EMBEDDED IN STEEL PLATES

V.A .Utkin, N.V Sinigovskaya

Abstract. This article is devoted to the research developed at the Department of bridge span structures with composite girders made of logs, united to work together through the deaf cylindrical pegs embedded in steel plates as well as the development of methods of their calculation and perfection of structural and technological forms of superstructures. The peculiarity of the considered nog compounds is rigid clamping nogs in the coupled steel linings. By virtue of tough embedment of nogs in the seam coupling should expect an increase in carrying capacity of the connection due to the bending stiffness of the nog and due to local buckling under the wood nog. To account for the compliance of the considered nog connection a new method of calculation is developed. Offered research shows effectiveness of the decisions.

Keywords: composite girders made of logs, deaf cylindrical nogs, elastic compliance, stress of buckling of the nog socket, bearing capacity of the connection.

Уткин Владимир Александрович (Россия, г. Омск) - доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Мосты и тоннели» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: prof.utkin@mail.ru).

Синиговская Наталья Викторовна, (Россия, г. Омск) - магистрант кафедры «Мосты и тоннели» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: natasha.sinigovskaya@yandex.ru).

Utkin Vladimir Aleksandrovich (Russian Federation, Omsk) - doctor of technical sciences, professor of the Department "Bridges and tunnels" State Automobile and Highway Academy "SibADI", (644080, Mira, 5 prospect, e-mail: prof.utkin@mail.ru).

Sinigovskaya Natalya Viktorovna (Russian Federation, Omsk) - of the Department "Bridges and tunnels" State Automobile and Highway Academy "SibADI", (644080, Mira, 5 prospect, e-mail: natasha.sinigovskaya@yandex.ru)