

**К ЛУЧШЕМУ СПОСОБУ УЧЕТА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ  
НАПРЯЖЕНИЙ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ДЕРЕВОЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ  
ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЯХ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ ПРИ  
ПОНИЖЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ СРЕДЫ**

П.М. САЛАМАХИН,\* *д-р тех. наук, профессор, академик РАТ*

И.В. РЕШЕТНИКОВ,\*\* *главный инженер проекта*

\* МАДИ (ГТУ), *pavel-salamahin@mail.ru*

\*\*ОАО филиал Мосинжпроект, *remmostproekt@mail.ru*.

*В статье приведен лучший из возможных способ учета, при проектировании деревожелезобетонных пролетных строений автодорожных мостов, дополнительных сдвигающих напряжений, возникающих по контакту древесины с бетоном при понижении температуры среды*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** деревожелезобетонные пролетные строения с разными длинами их пролетов, температура среды, скалывающие напряжения по контакту бетон - дерево, нормальные напряжения в бетоне и древесине, способы учета напряжений, стальные нагели, стоимость конструкции.

В нашей статье [1], опубликованной в предыдущем номере этого журнала, был приведен один и не лучший способ учета, при проектировании мостов, дополнительных скалывающих напряжений, возникающих по плоскости контакта древесины с бетоном при понижении температуры среды. В данной статье, публикуемой вдогонку предыдущей статье, приведены три способа и указан лучший из них.

Первый, классический, из них основан на удовлетворении условий прочности на совместное действие сдвигающих напряжений, возникающих от воздействия собственного веса конструкции, временной нагрузки и изменения температуры среды путем увеличения высоты и ширины балок. При автоматизированном проектировании с помощью разработанной программы в этом случае получались неприемлемые по экономическим соображениям высоты пролетных строений, так как несущая способность по сдвигу древесины и клея по плоскости контакта весьма ограничена, всего 1.5МПа.

Второй способ основан на применении составного сечения с существенно пониженным модулем сдвига по плоскости контакта древесины с бетоном. Он был реализован строго при автоматизированном проектировании, при этом в рассматриваемой задаче в качестве оптимального модуля сдвига по плоскости контакта был получен модуль сдвига 30 МПа. Результаты реализации этого способа опубликованы в предыдущей статье. Они приемлемы, но не являются удачными, так как требуют строгого учета коэффициента составности полученной конструкции и учета влияния коэффициента составности на момент инерции составного сечения.

Третий и лучший способ основан на том, что дополнительные сдвигающие напряжения по плоскости контакта бетона с деревом воспринимаются специально устанавливаемыми стальными нагелями, надежно обеспечивающими получение монолитного поперечного сечения балок, которые можно рассчитывать по формулам сопротивления материалов с учетом приведенных к дереву геометрических характеристик.

Для пролетов  $L = 12$  м и  $L = 21$  м с помощью разработанной программы автоматизированного проектирования были спроектированы по три варианта пролетных строений шириной 10.3 м, отличающихся тем, что первые варианты спроектированы без учета возникающих дополнительных напряжений при воздействии изменения температуры окружающей среды, а второе и третье с их

учетом. При этом вторые варианты пролетных строений проектировались на перепад температуры среды от 20<sup>0</sup>С до -30<sup>0</sup>С, то есть на  $\Delta t = 50^0\text{C}$ , а третьи варианты на перепад температуры среды от 20<sup>0</sup>С до -40<sup>0</sup>С, то есть на  $\Delta t = 60^0\text{C}$ . В нижеприведенных таблицах приведены для сравнения основные исходные и выходные данные об этих спроектированных вариантах деревожелезобетонных пролетных строений автодорожных мостов.

Таблица 1. Основные исходные и выходные данные о пролетных строениях с  $L = 12$  м

Наименование данных	1 вариант	2 вариант	3 вариант
Перепад температур среды $\Delta t$	0	50	60
Разница значений коэффициентов линейного расширения бетона и древесины $\Delta\alpha$	0.000005	0.000005	0.000005
Количество балок в поперечном сечении моста	8	8	8
Ширина балок в м	0.25	0.25	0.25
Высота деревянных балок в м	1.025	1.025	1.025
Толщина железобетонной плиты в м	0.13	0.13	0.13
Ширина железобетонной плиты в м	1,0375	1,0375	1,0375
Полная высота балки в м с учетом одежды	1,277	1,277	1,277
Количество пар нагелей по контакту бетон дерево от опоры до середины пролета	12	20	22
Дополнительные касательные напряжения по контакту бетон-дерево в МПа от $\Delta t$	0	0.75	1.0
Дополнительные нормальные напряжения по нижней кромке дерева в МПа от $\Delta t$	0	1.57	1.89
Касательные напряжения по контакту бетон-дерево в МПа при эксплуатации	1.166	<b>1.94</b>	<b>2.0</b>
Растягивающие напряжения по нижней кромке дерева в МПа при эксплуатации	9.56	11.4	11.5
Касательные напряжения на нейтральной оси в МПа при эксплуатации	<b>1.49</b>	1.49	1.49
Стоимость пролетного строения в рублях	1174021	1175078	1175342

Таблица 2. Основные исходные и выходные данные о пролетных строениях с  $L = 21$  м

Наименование выходных данных	1 вариант	2 вариант	3 вариант
Перепад температур среды $\Delta t$	0	50	60
Разница значений коэффициентов линейного расширения бетона и древесины $\Delta\alpha$	0.000005	0.000005	0.000005
Количество балок в поперечном сечении моста	10	10	10
Ширина балок в м	0.15	0.15	0.15
Высота деревянных балок в м	1.8	1.8	1.8
Толщина железобетонной плиты в м	0.13	0.13	0.13
Ширина железобетонной плиты в м	0.88	0.88	0.88
Полная высота балки в м с учетом одежды	2.052	2.052	2.052
Количество пар нагелей по контакту бетон дерево от опоры до середины пролета	12	28	31
Дополнительные касательные напряжения по контакту бетон-дерево в МПа от $\Delta t$	0	1.17	1.55
Дополнительные нормальные напряжения по нижней кромке дерева в МПа от $\Delta t$	0	1.57	1.88
Касательные напряжения по контакту бетон-дерево в МПа при эксплуатации	1.166	<b>2.35</b>	<b>2.6</b>
Растягивающие напряжения по нижней кромке дерева в МПа при эксплуатации	10.6	12.21	12.53

Касательные напряжения на нейтральной оси в МПа при эксплуатации	<b>1.49</b>	1.49	1.49
Стоимость пролетного строения в рублях	2461312	2463955	2464450

При рассмотрении и анализе этих данных установлено следующее:

1. Заданный реально возможный для условий России диапазон перепада температуры при использовании третьего способа учета и восприятия дополнительных сдвигающих напряжений, возникающих по контакту дерева с бетоном в деревожелезобетонных пролетных строениях с пролетами до 21 м не оказывает влияния на оптимальные значения их всех независимых параметров.

2. Высота балок и их ширина во всех вариантах пролетных строений определяются условиями прочности древесины по сдвигу на нейтральной оси 1.5МПа.

3. Растягивающие напряжения по нижним кромкам деревянных балок не достигают расчетных сопротивлений 15 МПа даже с учетом дополнительных растягивающих напряжений от перепада температуры.

4. Возможный перепад температуры окружающей среды вызывает значительные дополнительные сдвигающие напряжения по контакту бетон-дерево, что определяет необходимость постановки дополнительного количества нагелей для обеспечения условий прочности по сдвигу на этом контакте от совместного воздействия всех сдвигающих напряжений. В первых вариантах этих пролетных строений требуемое количество нагелей на контакте бетон - дерево определялось лишь от воздействия постоянных и временных нагрузок.

5. Разница в стоимости вариантов пролетных строений, спроектированных с учетом воздействия отрицательных температур среды, определяется лишь незначительным увеличением стоимости дополнительных нагелей, не достигая 0.5% от общей стоимости пролетного строения.

*Вывод.* Проведенное исследование свидетельствует о том, что возникающие дополнительные напряжения от воздействия отрицательной температуры среды не создают существенных трудностей для применения деревожелезобетонных пролетных строений автодорожных мостов с пролетами до 21 м в условиях России.

#### Л и т е р а т у р а

1. *Саламахин П.М. Решетников И.В.* Влияние отрицательной температуры среды на напряженное состояние и размеры поперечных сечений деревожелезобетонных пролетных строений автодорожных мостов // *Строительная механика инженерных конструкций и сооружений.* – 2014. – №6. – С. 44-50.

#### R e f e r e n c e s

1. *Salamakhin, PM, Reshetnikov, IV* (2014). The influence of negative atmospheric temperatures on the stress state and the size of the cross-sections of composite beams made of wood-and-reinforced concrete in auto road bridges. *Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings*, № 6, p. 44-50.

#### **TO THE BEST WAY OF TAKING INTO ACCOUNT THE ADDITIONAL STRESSES, ARISING IN WOODEN SPANS WITH REINFORCED CONCRETE SLAB ROADWAY OF HIGHWAY BRIDGES DURING THE REDUCTION OF AMBIENT TEMPERATURE**

P.M. Salamakhin, I.V. Reshetnikov

The article presents the best possible way of accounting the additional shear stresses, caused by the contact of wood and concrete during the reduction of ambient temperature, when designing wooden spans with reinforced concrete slab roadway of highway bridges

**KEY WORDS:** wooden spans with reinforced concrete slab roadway with different lengths the slabs, the ambient temperature, shear stresses along the contact concrete - wood, normal stresses in the concrete and wood, methods of accounting for stress, steel pins, the construction costs.