

УДК 691

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ СТРУКТУРНЫХ И ТЕПЛОВЛАЖНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НА ПРИМЕРЕ ПЕНОБЕТОНА НА ОСНОВЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО ВЯЖУЩЕГОН.В. Павленко¹, П.П. Пастушков², А.Н. Хархардин³, Е.В. Войтович³¹НИИ механики МГУ, Россия, г. Москва; ²НИИСФ РААСН, Россия, г. Москва;³БГТУ им. В.Г. Шухова, Россия, г. Белгород

Аннотация. В работе представлены результаты исследований тепловлажностных характеристик пенобетона на основе бесцементного наноструктурированного вяжущего и их сопоставление с результатами для ближайших аналогов. Проведен сравнительный анализ полученных значений паропроницаемости, сорбционной влажности, показателей капиллярного всасывания и теплопроводности (в сухом состоянии и при условиях эксплуатации). Рассмотрено влияние структуры ячеистых композитов на свойства материала и технологические особенности опрочнения пенобетона.

Ключевые слова: ячеистые бетоны, наноструктурированное вяжущее, бесцементное вяжущее, тепловлажностные характеристики, паропроницаемость, сорбционная влажность, капиллярное всасывание, теплопроводность.

Введение

В настоящее время в связи с высокой востребованностью эффективных теплоизоляционных материалов, актуальным является разработка современных строительных композитов с улучшенными теплофизическими характеристиками.

Для создания ячеистого бетона с оптимальными тепловлажностными характеристиками необходимо учесть ряд технологических особенностей и особенностей формирования поровой структуры данного композита. Ячеистые системы, как и все дисперсные системы, являются термодинамически неустойчивыми. Их образование сопровождается повышением свободной энергии, избыточная энергия вызывает самопроизвольные процессы, которые ведут к уменьшению дисперсности и разрушению пены. При формировании высокочастотных ячеистых систем пустоты, формируемые при активации водных растворов ПАВ, превращаются в многогранные (полиэдрические) ячейки, а жидкие прослойки – в пленки толщиной несколько десятков нанометров. Такие пленки образуют пространственный каркас, обладающий некоторой упругостью и прочностью, а пены (в том числе и минерализованные), соответственно, имеют свойства структурированных систем. После процесса минерализации смеси, т.е. введения вяжущего компонента в систему, толщина описываемых пленок определяется характеристиками минерализатора, такими как – дисперсность, реотехнологические

свойства, особенности взаимодействия минерализатора и ПАВ и рядом других. Минерализованные пеномассы должны обладать достаточными упруго-пластичными характеристиками для сохранения стабильной, равнообъемной смеси во времени. При создании эффективного теплоизоляционного материала толщина межпоровой перегородки должна быть минимальна, при этом для достижения оптимальных эксплуатационных характеристик – обладать высокой плотностью и водостойкостью. По совокупности характеристик перспективным видом вяжущего для получения ячеистых композитов является наноструктурированное вяжущее на основе кремнеземистого и алюмосиликатного сырья [1–4].

Как правило, увлажнение строительных материалов в процессе эксплуатации зданий происходит за счет нескольких механизмов: паропроницаемость, сорбция водяного пара, капиллярное всасывание. Влажностное состояние ограждающей конструкции изменяется в зависимости от структуры и свойств материала, микроклимата в помещении и климатических условий района строительства. Это, в последствии, приводит к изменению теплозащитных свойств ограждающих конструкций.

Экспериментальные исследования

Паропроницаемость – способность материала пропускать или задерживать пар в результате разности парциального давления водяного пара при одинаковом атмосферном давлении по обеим сторонам материала. Ко-

эффицент паропроницаемости характеризуется величиной сопротивления прониканию. Усредненные значения данного показателя, с целью сопоставления, представлены для материалов марки по плотности D500: пенобетон на основе наноструктурированного вяжущего, пенобетон на основе цемента и газобетон автоклавного твердения (таблица 1). При определении паропроницаемости использовались образцы прямоугольного сечения толщиной 20 мм [5].

щего, пенобетон на основе цемента и газобетон автоклавного твердения (таблица 1). При определении паропроницаемости использовались образцы прямоугольного сечения толщиной 20 мм [5].

Таблица 1

Значения паропроницаемости		
Тип ячеистого бетона	Сопротивление паропрониканию, R_n , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$	Паропроницаемость, μ , $\text{мг} / (\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$
Пенобетон на основе НВ	0,110	0,180
Пенобетон на основе цементного вяжущего	0,100	0,200
Автоклавный газобетон	0,240	0,105

Применение пенобетона на основе НВ в составе ограждающей конструкции в качестве теплоизоляционного и конструктивно-теплоизоляционного материала не будет препятствовать удалению строительной влаги из конструктивного слоя и являться преградой для удаления пара из помещения при эксплуатации. В процессе эксплуатации в ограждающей конструкции будет установлен квазистационарный влажностный режим, что оказывает положительное влияние на теплозащитные характеристики и долговечность конструкции.

Сорбция водяного пара строительных изделий используется при рассмотрении вопросов, связанных с влажностным состоянием материалов в конструкциях. Характери-

стикой сорбционной влажности служит отношение массы влаги, поглощенной материалом из воздуха, к массе сухого материала, выраженное в процентах. Усредненные результаты экспериментальных исследований сорбции водяного пара аналогичными образцами различных типов ячеистых бетонов марки по плотности D500 при относительной влажности воздуха 80 % и 97 % представлены в таблице 2. Эксперименты проводились в НИИСФ РААСН [6,7]. Полученные данные необходимы для расчетов влажностного режима ограждающих конструкций по ГОСТ 32494-2013 «Здания и сооружения. Метод математического моделирования температурно-влажностного режима ограждающих конструкций».

Таблица 2

Значения сорбционной влажности		
Тип ячеистого бетона	Сорбционная влажность, %, по массе, при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха, %	
	80	97
Пенобетон на основе НВ	1,05	4,7
Пенобетон на основе цементного вяжущего	4,3	14
Автоклавный газобетон	1,23	4,25

Полученные данные свидетельствуют о том, что сорбционные характеристики пенобетона на основе НВ сопоставимы с автоклавным газобетоном и ниже, чем у пенобетона на основе цементного вяжущего, что объяснимо особенностями ячеистой структуры (таблица 2). Материалы сорбируют водяные пары из воздуха и удерживают их на своей поверхности. Чем мельче поры, тем больше общая площадь поверхности (при условии равной общей пористости и одинакового вещественного состава) и, следовательно-

но, сорбция выше. Сорбционная влажность пенобетона на основе НВ ниже данного показателя для пенобетона на основе цементного вяжущего. Это объяснимо уровнем шероховатости межпорового пространства. Незначительное сорбирование влаги из воздуха для пенобетона на основе НВ позволяет прогнозировать стабильность теплоизоляционных свойств материала в процессе эксплуатации.

Для ячеистых материалов на основе вяжущего кремнеземистого и алюмосиликатного состава, к которым относится НВ, теорети-

чески установлена и экспериментально подтверждена эффективность применения упрочнения путем химического активирования контактных связей УХАКС [8]. Этот метод заключается в воздействии (выдержка, орошение) щелочного раствора алюмосиликатов на готовый материал, что способствует залечиванию трещин и дефектов внутрипорового пространства и как следствие низкой сорбционной влажности.

Эффективность применения данного метода упрочнения для пенобетона на основе НВ также подтверждена при исследовании капиллярного всасывания воды материалом, что позволяет определить наличие протяженных капилляров в структуре ячеистых бетонов и тем самым спрогнозировать кинетику процесса упрочнения материала.

Проведены исследования капиллярного всасывания воды образцами не упрочненного пенобетона. Исследования проводились по методике ГОСТ Р 56505-2015 «Материалы строительные. Методы определения показателей капиллярного всасывания воды». Используемая методика основана на обобщенном законе капиллярного всасывания:

$$M = Kz^n, \quad (1)$$

где M – количество воды, поглощенное 1 м^2 поверхности образца от начала проведения испытания до очередного взвешивания, г/м^2 ;

K – коэффициент капиллярного всасывания, $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}^n)$;

z – промежуток времени от начала проведения испытания до очередного взвешивания, ч.

Обобщенный закон позволяет более точно описывать процесс капиллярного всасывания воды строительными материалами, чем стандартный закон «корня квадратного от времени».

Эксперименты проводились на трех образцах в виде призм квадратного сечения. Размеры образцов составляли: высота – 100 мм, поперечное сечение – 50х50 мм.

Зависимость массы жидкости, всосанной единицей поверхности образца, от корня квадратного из времени образцов пенобетона, представлена на рис. 1.

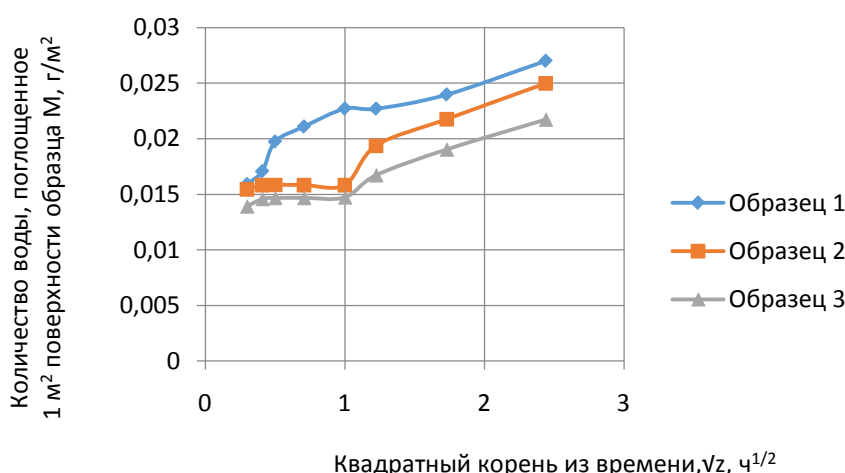


Рис. 1. Капиллярное всасывание воды пенобетоном по закону «корня квадратного от времени»

Как видно по графикам усредненный закон «квадратного корня из времени» для данного материала не работает, т.к. не выполняется линейная зависимость, поэтому применение обобщенного закона капиллярного всасывания в данном случае необходимо.

Для определения значений K и n уравнение (1) логарифмируют:

$$\ln M = \ln K + n \ln z. \quad (2)$$

Строят график в логарифмических координатах $\ln M - \ln z$.

Коэффициент капиллярного всасывания K определяют, исходя из равенства $\ln M = \ln K$ при $z = 1$. Для определения показателя степени n в уравнении капиллярного всасывания (1) экспериментальные точки на графике в логарифмических координатах аппроксимируют прямой линией. Угловым коэффициентом функции линейной аппроксимации является значением показателя степени n .

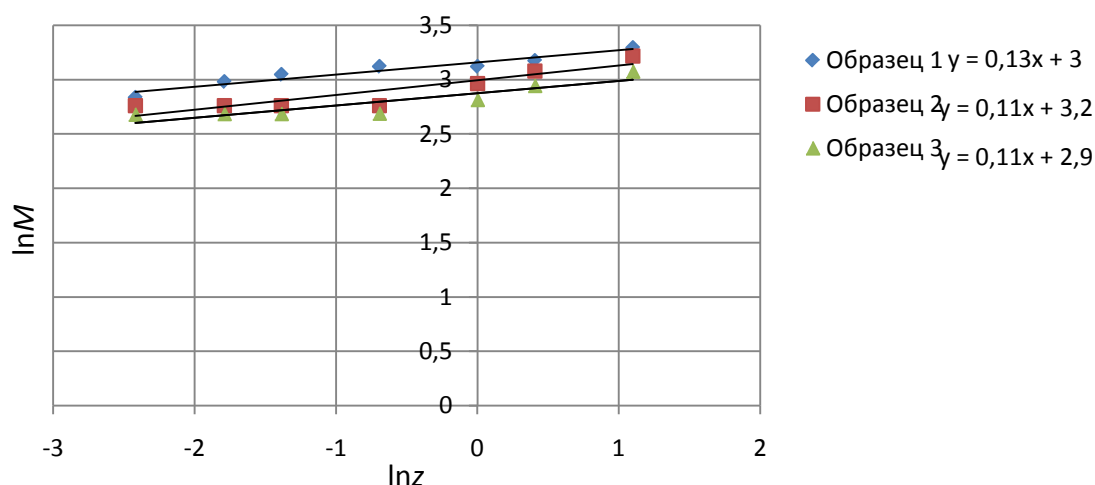


Рис. 2. Дополнительное построение в логарифмических координатах для описания капиллярное всасывание воды пенобетоном на основе НВ

Значения искомых показателей для испытанных образцов приведены в табл. 3.

Таблица 3

Значения капиллярного всасывания

Образец	Коэффициент капиллярного всасывания K , г/(м ² ·ч ⁿ)	Показатель степени в уравнении капиллярного всасывания n
1	3,1	0,13
2	3,0	0,11
3	2,8	0,11
Среднее значение	3,0	0,12

Следовательно, закон, по которому происходит процесс капиллярного всасывания в испытанном материале, описывается уравнением

$$M = 3z^{0,12}. \quad (3)$$

Данное уравнение применимо при расчетах влажностного режима ограждающих конструкций зданий.

Для пенобетона на основе НВ характерны средние значения капиллярного всасывания, соответствующие значениям ячеистых бетонов выбранной плотности, что является оптимальным для реализации эффективного процесса упрочнения методом УХАКС. Минимальные значения данного показателя свидетельствовали бы о невозможности проведения операции по упрочнению, а высокие – о нарушении структуры материала, избыточном содержании протяженных капилляров (капиллярной пористости), что способствовало бы ухудшению теплоизоляционных свойств.

Были проведены исследования теплопроводности различных типов ячеистого бетона. Испытания проводились на образцах размерами 0,25х0,25х0,05 (м) на приборе ПИТ-2 при средней температуре 25°С, при перепаде температур 25°С (разница температур измерительного нагревателя и нижнего нагревателя прибора: $t_{\text{изм.н.}} = 37,5^\circ\text{C}$, $t_{\text{нижн.н.}} = 12,5^\circ\text{C}$) согласно методике ГОСТ 7076-99. Средние значения (по результатам испытаний на 5 образцах для каждого типа ячеистого бетона марки D500) теплопроводности в сухом и влажном состоянии представлены в табл. 4.

Разработанный материал может применяться в различных климатических зонах с различными показателями влажности. Известно, что теплопроводность зависит от влажности материала. Во время эксплуатации ограждающей конструкции в материале устанавливается определенная влажность, значение которой возможно назначить в зависимости от условий эксплуатации (А или Б). В рамках работы проведен расчет теплопроводности при эксплуатации по формуле [9]:

$$\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda \cdot w_3 = \lambda_0 \left(1 + \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \cdot w_3 \right) = \lambda_0 (1 + \eta \cdot w_3), (4)$$

где λ_0 – теплопроводность материала в сухом состоянии, Вт/(м·°С);

$\Delta\lambda$ – приращение теплопроводности на 1% влажности, Вт/(м·°С·%);

w_3 – эксплуатационная влажность материала по массе, %;

η – коэффициент теплотехнического качества, 1/%.

Для расчета приращения теплопроводности были измерены теплопроводности

различных типов ячеистого бетона в сухом состоянии и увлажненных до влажности 5 % и рассчитано изменение показателя теплопроводности на 1 % влажности.

По проведенным исследованиям был рассчитан коэффициент теплотехнического качества для ячеистых бетонов $\eta = \Delta\lambda / \lambda_0$. Полученные данные по теплопроводности приведены в таблице 4.

Для всех сравниваемых материалов расчетная влажность для зоны А принята 4 %, для зоны Б – 5 % по ГОСТ 31359-2007.

Таблица 4

Результаты исследований теплопроводности

Тип ячеистого бетона	Коэффициент теплотехнического качества	Теплопроводность, Вт/(м·°С)			
		В сухом состоянии, λ_0	Приращение на 1% влажности, $\Delta\lambda$, Вт/(м·°С·%)	Расчетные значения при условиях эксплуатации А и Б	
				λ_A	λ_B
Пенобетон на основе НВ	0,12	0,112	0,014	0,166	0,180
Пенобетон на основе цементного вяжущего	0,11	0,12	0,014	0,176	190
Автоклавный газобетон	0,05	0,135	0,007	0,163	0,170

Анализируя полученные данные для различных типов ячеистых бетонов можно сделать вывод, что пенобетоны на основе НВ обладают лучшими теплоизоляционными свойствами в сравнении с пенобетоном на основе цементного вяжущего как в сухом состоянии, так и при условиях эксплуатации А и Б, а так же лучшими показателями в сухом состоянии и близкими при условии эксплуатации А и Б в сравнении с автоклавным газобетоном.

Выводы

С учетом выбора нестандартного типа вяжущего были детально исследованы тепловлажностные характеристики образцов пенобетона на примере изделий марки по плотности D500, как наиболее востребованных на строительном рынке. При сравнительном анализе полученных значений паропроницаемости, сорбционной влажности, показателей капиллярного всасывания и теплопроводности (в сухом состоянии и при условиях эксплуатации), показано, что пенобетон на основе НВ обладает улучшенными теплотехническими характеристиками по сравнению с пенобетоном на основе цементного вяжущего и примерно одинаковыми свойствами с автоклавным газобетоном такой же плотности.

Проведенные исследования тепловлажностных характеристик позволили доказать целесообразность упрочнения пенобетонов методом УХАКС.

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ мол_нр №16-38-50079.

Библиографический список

1. Павленко, Н.В. Эффективность применения наноструктурированного вяжущего при получении ячеистых композитов / Н.В. Павленко, В.В. Строкова, А.В. Череватова, И.В. Жерновский, В.В. Нелюбова, М.Н. Капуста // Строительные материалы. – 2012. – № 6. – С. 10-12.
2. Строкова, В.В. Оценка эффективности применения наноструктурированного вяжущего при получении легковесных ячеистых композитов / В.В. Строкова, А.В. Череватова, Н.В. Павленко, Е.В. Мирошников, Н.А. Шаповалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2011. – № 4.
3. Нелюбова, В.В. Наноструктурированное вяжущее и строительные материалы на его основе / В.В. Нелюбова, Н.В. Павленко, Ф.Е. Жерновой, А.В. Череватова, В.В. Строкова // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управле-

ния и строительного факультета. – Улан-Удэ : Изд-во ВСГУТУ, 2012. – С. 159–161.

4. Павленко, Н.В. Особенности получения рациональной поровой структуры пенобетона на основе наноструктурированного вяжущего / Н.В. Павленко, А.В. Череватова, В.В. Строкова // Строительные материалы. – 2009. – № 10. – С. 33–36.

5. Гагарин, В.Г. Методика определения суммарного сопротивления паропрооницанию наружных отделочных слоев фасадных теплоизоляционных композиционных систем с наружными штукатурными слоями / В.Г. Гагарин, П.П. Пастушков // Вестник МГСУ. – 2012. – № 11. – С. 140–143.

6. Гагарин, В.Г. Теория состояния и переноса влаги в строительных материалах и теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий : дис. ... д-ра техн. наук / Гагарин В.Г. – М., 2000. – 396 с.

7. Пастушков, П.П. Расчетное определение эксплуатационной влажности автоклавного газобетона марок D300-600 / П.П. Пастушков // Технологии бетонов. – 2016. – № 3-4. – С. 20–23.

8. Гащенко, Э.О. Упрочнение безобжиговых материалов посредством химического активирования контактных связей / Э.О. Гащенко, А.В. Череватова, Н.В. Павленко // Строительные материалы. – 2007. – № 8. – С. 32–33.

9. Пастушков, П.П. Влияние влажностного режима ограждающих конструкций с наружными штукатурными слоями на энергоэффективность теплоизоляционных материалов : дис. ... канд. техн. наук / Пастушков П.П. – М., 2013. – 169 с.

STUDY OF RELATIONSHIP OF STRUCTURAL AND STEAM CURING CHARACTERISTICS IN NANOSTRUCTURED BINDER BASED FOAM CONCRETE

N.V. Pavlenko, P.P. Pastushkov, A.N. Kharkhar-din, E.V. Voitovich

Аннотация. In the paper the results of steam curing characteristics in nanostructured binder based foam concrete and their comparison with analogues are presented. Also the comparison study of parameters of vapor permeability, sorption humidity, capillarity rise, heat conductivity (in dry service conditions) is realized. Effect of cellular composite structure on properties and reinforcement process of foam concrete is studied.

Keywords: cellular concrete, nanostructured binder, cementless binder, heat and humidity characteristics vapor permeability, moisture sorption, capillary suction, thermal conductivity

References

1. Pavlenko N.V., Strokov V.V., Cherevatova A.V., Zhernovskij I.V., Neljubova V.V., Kapusta M.N. Efficiency of application of nanostructured binder for production of cell composites // *Stroitel'nye materialy*. 2012. № 6. pp. 10–12

2. Strokov V.V., Cherevatova A.V., Pavlenko N.V., Miroshnikov E.V., Shapovalov N.A. Assessment of efficiency of application of nanostructured binder when you receive a lightweight cellular composites / *Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova*. № 4. (2011).

3. Neljubova V.V., Pavlenko N.V., Zhernovoj F.E., Cherevatova A.V., Strokov V.V. Structured binder and building materials based on it // *Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvjashhennoj 50-letiju Vostochno-Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta tehnologii i upravlenija i stroitel'nogo fakul'teta. Ulan-Udje: Izd-vo VSGUTU*, 2012. pp. 159–161.

4. Pavlenko N.V., Cherevatova A.V., Strokov V.V. Of obtaining a rational pore structure of foam concrete based on nanostructured binder // *Stroitel'nye materialy*. 2009. № 10. pp. 33–36.

5. Gagarin V.G., Pastushkov P.P. The method of determining the total water vapor resistance of external finishing layers of composite thermal insulation façade systems that have external plaster layers // *Vestnik MGSU*. 2012. № 11. pp. 140–143.

6. Gagarin V.G. [Teorija sostojanija i perenosa vlagi v stroitel'nyh materialah i teplozashhitnye svojstva ograzhdajushhih konstrukcij zdaniy], *Dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni doktora tehn. nauk. Moskva*. 2000. 396 p.

7. Pastushkov P.P. The estimated operational definition of moisture content of autoclaved aerated concrete stamps D300-600 // *Tehnologii betonov*. 2016. № 3-4. pp. 20–23.

8. Gashhenko Je.O., Cherevatova A.V., Pavlenko N.V. The hardening of chemically bonded materials by chemical activation of contact bonds // *Stroitel'nye materialy*. 2007. № 8. pp. 32–33.

9. Pastushkov P.P. Vlijanie vlazhnostnogo rezhima ograzhdajushhih konstrukcij s naruzhnymi shtukturnymi slojami na jenergojeffektivnost' teploizoljacionnyh materialov], *Dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kand], tehn. nauk. Moskva*. 2013. 169 p.

Павленко Наталья Викторовна (Россия, Москва) – кандидат технических наук, инженер, «Научно-исследовательский институт механики Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова» (Мичуринский проспект, 1, 119192 Москва, e-mail: 910363883@mail.ru).

Пастушков Павел Павлович (Россия, Москва) – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (Ломоносовский проезд, 21, 127238 Москва, e-mail: pavel-one@mail.ru).

Хархардин Анатолий Николаевич (Россия, Белгород) – доктор технических наук, профессор, профессор Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (ул. Костюкова, 46, 308012 Белгород, Российская Федерация) (ул. Костюкова, 46, 308012 Белгород, e-mail: s-nsm@intbel.ru).

Войтович Елена Валерьевна (Россия, Белгород) – кандидат технических наук, инженер, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (ул. Костюкова, 46, 308012 Белгород, e-mail: e.voitovich@mail.ru).

Pavlenko Natalia Viktorovna (Russian Federation, Moscow) – Ph. D. in Technical Sciences, engineer (Research Institute of Mechanics, Moscow State University. MV Lomonosov (Michurinsk avenue, 1, 119192 Moscow, e-mail: 9103638838@mail.ru).

Pastushkov Pavel Pavlovich (Russian Federation, Moscow) – Ph. D. in Technical Sciences, Research Institute of Building Physics of the Russian Academy

of Architecture and Building Sciences (Lomonosov travel, 21, 127238 Moscow, e-mail: pavel-one@mail.ru).

Kharkhardin Anatolii Nikolaevich (Russian Federation, Belgorod) – doctor of technical sciences, professor, Belgorod State Technological University. V.G. Shukhov (Str. Kostyukova, 46, 308012 Belgorod, e-mail: s-nsm@intbel.ru).

Voitovich Elena Valerievna (Russian Federation, Belgorod) – Ph. D. in Technical Sciences, engineer, Belgorod State Technological University. V.G. Shukhov (Str. Kostyukova, 46, 308012 Belgorod, e-mail: e.voitovich@mail.ru).

УДК 624.21.011.1

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОСЛОЙНОЙ ДЕРЕВОПЛИТЫ В ПЛИТНЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЯХ ИЗ КЛЕЕНОЙ ДРЕВЕСИНЫ

В.А. Уткин, Г.М. Кадисов
ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск

Аннотация. Статья посвящена изучению напряженно-деформированного состояния многослойной клееной деревоплиты из перекрестных досок, являющейся несущим элементом дощато-клееных пролетных строений мостов. Деревоплита из нечетного числа слоев перекрестных досок может рассматриваться как однородная тонкая плита с отличающимися свойствами в разных направлениях, с другой стороны она представляет многослойную конструкцию из спаянных (склеенных) однородных анизотропных слоев. В работе дается оценка напряженно-деформированного состояния многослойных деревоплит применительно к плитным пролетным строениям мостов.

Ключевые слова: дощато-клееное пролетное строение, многослойная деревоплита из перекрестных досок, четные слои досок, нечетные слои, упругие характеристики.

Введение

Плитные пролётные строения из клееной древесины применяются в виде продольной деревоплиты различной конструкции, опёртой на капитальные опоры. В зависимости от вида деревоплиты можно выделить три типа плитных пролётных строений: а) **клееная плита**; б) **обжатая плита**; в) **обжатая клееная плита** [1,2,3].

Основное отличие пролетного строения «**обжатая клееная деревоплита**» от предыдущих типов заключается в том, что отдельные доски заменены клееными балками, уложенными боковой гранью вниз [4-7]. В целом плиту по ширине моста набирают из клееных балок-секций, уложенных плотно друг к другу и обжатых высокопрочными стержнями. Панели из клееной древесины обжимаются

главным образом посредством стержней, размещаемых в отверстиях внутри плиты. Деревоплита проезжей части из обжатых клееных панелей применяется в качестве плитного пролётного строения при пролётах до 12 м.

Известно пролетное строение, составленное из клееных балок прямоугольного поперечного сечения и собранной на месте строительства многослойной клееной деревоплиты проезжей части из перекрестных под углом 90° горизонтальных досок-заготовок. Послойно уложенные на ширину моста доски - заготовки размещены в одном случае под углом 45° к продольной оси балок [8], а в другом [9] - под углом 90° к оси балок для нечетных слоев и 0° для четных. Особенность данной конструкции заключается в том, что в