

DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-6-1273-1281

STRENGTHENING OF STRUCTURAL ELEMENTS STICKER OF COMPOSITE MATERIALS AT COMPRESSED AND STRETCHED AREA

V. N. Gluhih, V. M. Petrov, E. V. Khudaev

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,
St. Petersburg, Russian Federation

The paper discusses options for strengthening beams structures port structures made of wood sticker sheets from polymeric composite material (fiberglass and carbon fiber reinforced plastics epoxy matrix) with different modulus of elasticity. Strengthening of structures is composite materials for bonding sheets of a composite material with a thickness of 5 mm to the beam is made of wood with a cross-section with a height of 20cm and a width of 40 cm in the stretched and compressed zone. The calculation of the gain is produced by conventional cast heterogeneous components of homogeneous cross-section. The problem is solved without taking into account pliability of joints seams and without matching adhesive composition. The study showed that the reinforcement of wooden beams with glass fabric with a low elastic modulus slightly increases the carrying capacity and increases the weight by 25.44 kg. in the amplification of a beam of composite material with modulus of elasticity equal to the modulus of elasticity of wood bearing capacity is increased 1,076 times and increases the weight of 1.25 times, compared with the composites having higher mechanical characteristics. In the case of the use of materials to enhance a modulus of elasticity higher than that of the material from which the beam increases the load carrying capacity of 1,997 times and the weight is 18 lbs. Of work performed it can be concluded that strengthening the construction of beams of composite materials significantly increases the carrying capacity with a slight increase in structural weight. Analyzes the main advantages of this method of amplification such as ease of amplification works, a slight increase of the beam section, etc. and also disadvantages such as sensitivity to small defects in the material, and the failure of the material in case of fire.

Keywords: structural element, beam, vegetable polymer, wood structures, composite materials, fiberglass, carbon fiber, detalny composite beams.

For citation:

Gluhih, Vladimir N., Vladimir M. Petrov, and Egor V. Khudaev. "Strengthening of structural elements sticker of composite materials at compressed and stretched area." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 9.6 (2017): 1273–1281. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-6-1273-1281.

УДК 69.059.3:691.175

УСИЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ НАКЛЕЙКОЙ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В СЖАТОЙ И РАСТЯНУТОЙ ЗОНЕ

В. Н. Глухих, В. М. Петров, Е. В. Худаев

ФГБОУ ВО «СПбГАСУ», Санкт-Петербург, Российская Федерация

В работе рассмотрены варианты усиления балок конструкций портовых сооружений, выполненных из дерева, наклейкой листов из полимерного композиционного материала (стеклопластики и углепластики на эпоксидной матрице) с различным модулем упругости. Усиление конструкций проводится композиционными материалами при приклеивании листов из композита толщиной 5 мм к балке, выполненной из дерева сечением высотой 20 см и шириной 40 см в растянутой и сжатой зоне. Расчет усиления выполняется методом условного приведения разномодульных составляющих сечения к однородной. Задача решена без учета податливости соединений швов и подбора клеевого состава. Исследование показало, что усиление деревянных балок стеклопластиком с низким модулем упругости незначительно увеличивает несущую способность и увеличивает массу на 25,44 кг. При усилении балки композиционным материалом с модулем упругости, равным модулю упругости древесины, несущая способность повышается в 1,076 раза и увеличивает массу 1,25 раза, по сравнению с композитом, обладающим более высокими механическими характеристиками. В случае применения материалов для усиления с модулем упругости выше, чем у ма-

териала, из которого выполнена балка, повышается несущая способность в 1,997 раза, а масса составляет 18 кг. Из выполненной работы можно сделать вывод о том, что усиление строительных балок композиционными материалами значительно увеличивает несущую способность при небольшом увеличении массы конструкции. Проанализированы основные преимущества данного метода усиления, такие как легкость производства усиления, незначительное увеличение сечения балки и др., а также такие недостатки, как чувствительность к мелким дефектам материала и отказ работы материала при пожаре.

Ключевые слова: элемент конструкции, балка, растительный полимер, деревянные конструкции, композиционные материалы, стеклопластик, углепластик, наклейка композита, расчет усиления балок.

Для цитирования:

Глухих В. Н. Усиление элементов конструкций наклейкой композиционных материалов в сжатой и растянутой зоне / В. Н. Глухих, В. М. Петров, Е. В. Худаев // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2017. — Т. 9. — № 6. — С. 1273–1281. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-6-1273-1281.

Введение

Ускоренное освоение Северного морского пути, береговых территорий, а, следовательно, и Российского Севера в целом зависит на современном этапе, от создания достаточной портовой инфраструктуры. Поэтому качественно построенные промышленные и складские здания и сооружения с расширенным ресурсом и наименьшими затратами при их эксплуатации на сегодняшний день могут обеспечить достаточно эффективную работу портов для перевалки грузов, что, безусловно, является решением актуальной задачи при освоении севера. Кроме того, с учетом большого количества подобных зданий и сооружений в портовой инфраструктуре необходимо резко снизить потребление традиционно используемых конструкционных материалов для этой цели в строительных конструкциях в виде металлов и бетонов. Подчас строительство временных зданий и сооружений из железобетона или металла является не только экономически нецелесообразным, но и технически невозможным, поскольку оно связано с дополнительными транспортными затратами, сложными климатическими условиями для строительства капитальных зданий, а также отсутствием достаточной строительной инфраструктуры. Поэтому широкое применение находят разборные конструкции, выполненные на основе сэндвичей, где в качестве несущего каркаса используются элементы конструкций, выполненные из дерева, усиленные, в свою очередь, композиционными полимерными материалами в виде лент, нитей, тканевых структур и т. п. [1], [2]. Подобные композиционные материалы не только повышают физико-механические свойства конструкции в целом, но и выполняют протекторную защиту от внешних вредных факторов, в частности от повышенной влажности, избыточной солености и низких температур.

В процессе эксплуатации зданий и сооружений, в сложных условиях крайнего севера, при действии различных внешних факторов (осадки, низкие температуры, сейсмическая активность и т. д.) происходит обострение и проявление дефектов в материалах конструкций, возникает необходимость ремонта, восстановления и усиления элементов зданий и сооружений [3]. Особенно это касается материалов растительного происхождения, в первую очередь, древесины строительных пород, которые чувствительны к температурно-влажностным воздействиям [4], [5]. В случаях невозможности замены элементов конструкции на новые требуется ремонт, реставрация, восстановление и, как следствие, усиление старой конструкции при ее сохранении.

Применение современных композиционных полимерных материалов с наперед заданными свойствами делает такую техническую задачу практически решаемой с наименьшими экономическими затратами. Новые высокопрочные материалы — композиционные материалы — без ущерба для внешнего вида и габаритов конструкции значительно повышают срок ее службы и надежность [6] – [8].

Методы и материалы

Рассмотрим пример строительной балки из наиболее распространенного природного композиционного материала — древесины. Для повышения ее несущей способности используем ком-

позиционный полимерный материал с модулем упругости ниже, чем у древесины (например, лист из стеклопластика марки РСТ-250Л, который выпускается по ТУ 6-48-87-92 толщиной 5 мм, наклеиваемый в растянутой и сжатой зоне деревянной балки (рис. 1)).

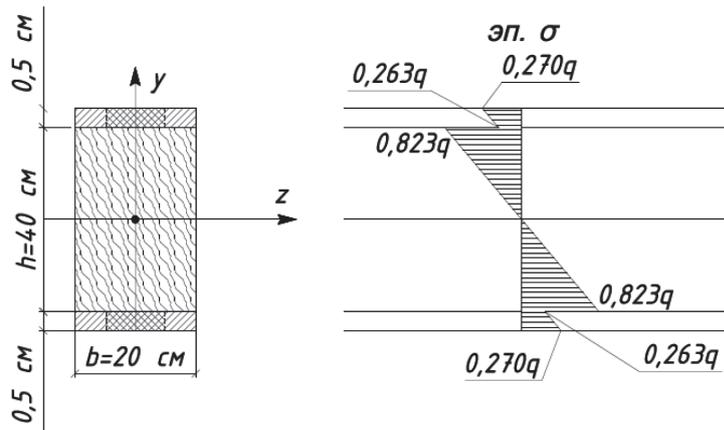


Рис. 1. Нормальные напряжения в балке, усиленной стеклопластиком, с модулем упругости меньше, чем у древесины

Балку, составленную из разнородных материалов, рассчитываем условно заменяя ее сечение «приведенным» сечением из одного материала, эквивалентным заданному. Из условия эквивалентности и на основании гипотезы плоских сечений следует равенство продольных относительных деформаций основного и «приведенного» сечений [8], [9]. При этом напряжение в составных частях балки будет зависеть от отношения модулей упругости материалов этих частей. Если, например, в деревянной полке, заменяющей стеклопластик, величина напряжений должна быть в 3,125 раза больше, чем в стеклопластике, то ширину полосы в «приведенном» сечении необходимо во столько же раз уменьшить (3,125 есть отношение модулей упругости древесины и стеклопластика) и наоборот, если дерево заменить стеклопластиком, то в «приведенном» сечении ширину следует принять в 3,125 раз большую.

Теоретическое решение задачи

Напряжение в сечении деревянной балки без усиления σ , МПа:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{6 \cdot 4,5 \cdot 10^3 \cdot q}{20 \cdot 40^2} = 0,843q.$$

Для расчета примем $b \times h = 20 \times 40$ см с приклеенными листами из стеклопластика толщиной $h_k = 0,5$ см в растянутой и сжатой зоне.

$$n = \frac{E_{\text{комп}}}{E_{\text{дер}}} = \frac{3200}{10000} = 0,32.$$

Приведенная площадь сечения

$$A_{\text{пр}} = A_{\text{дер}} + nA_{\text{ст}} = 800 + 2 \cdot 0,5 \cdot 0,32 \cdot 20 = 806,4 \text{ см}^2 = 0,0806 \text{ м}^2.$$

Сечение имеет две оси симметрии, на пересечении которых расположен его центр тяжести.

Момент инерции приведенного сечения

$$I_{z_0} = \frac{20 \cdot 40^3}{12} + 2n \left[I_z + y_j^2 \cdot A \right] = \frac{20 \cdot 40^3}{12} + 2 \cdot 0,32 \cdot \left[\frac{20 \cdot 0,5^3}{12} + 20,25^2 \cdot 20 \cdot 0,5 \right] = 109290 \text{ см}^2.$$

Расчетное значение изгибающего момента $M(x)$, кН·мм,

$$M(x) = \frac{ql^2}{8} = \frac{\text{кН}}{\text{м}} \cdot \frac{\text{м}^2}{8} = q \frac{(6 \cdot 10^3)^2}{8 \cdot 10^3} = 4,5 \cdot 10^3 q.$$

Напряжение в сечении части балки (рис. 1):

- при $y = 20,5 \text{ см}$ – $\sigma_{\text{комп}} = 0,270q \text{ МПа}$;
- при $y = 20 \text{ см}$ – $\sigma_{\text{комп}} = 0,263q \text{ МПа}$;
- при $y = 20 \text{ см}$ – $\sigma_{\text{дер}} = 0,270q \text{ МПа}$.

Если ординаты эпюры $\delta_{\text{дер}}$ умножить на коэффициент приведения $n = \delta_{\text{ст}} / \delta_{\text{дер}} = 0,32$, то получим соответствующие напряжения в материале усиления, т. е. $\sigma_{\text{max}}^{\text{ст}} = 0,32 \cdot 0,832q = 0,263q \text{ МПа}$. Масса усиливающей конструкции равна 25,44 кг, увеличение массы на погонный метр — 4,24 кг/м.

Отношение несущей способности балки усиленной стеклопластиком к балке без усиления (рис. 2):

$$\frac{0,843q}{0,823q} = 1,025.$$

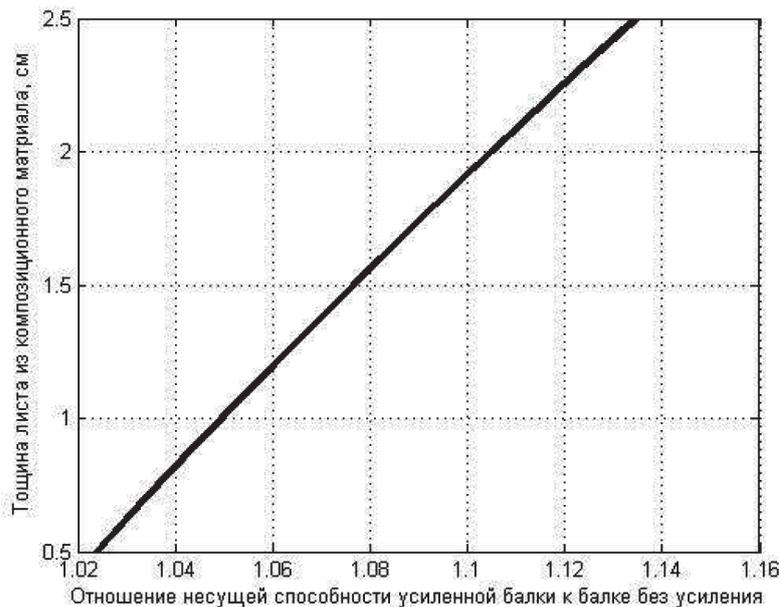


Рис. 2. Отношение несущей способности балки, усиленной композитным материалом с модулем упругости меньше, чем у древесины, к балке без усиления

Таким образом, вновь вводимая стеклопластиковая часть берет на себя меньше нагрузки.

Рассмотрим вариант усиления деревянной балки наклейкой листов из композиционных материалов с модулем упругости равным модулю упругости древесины (рис. 3).

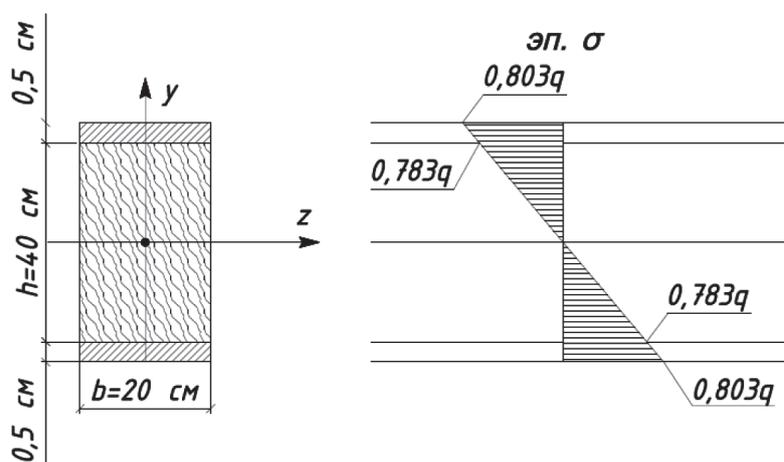


Рис. 3. Нормальные напряжения в балке, усиленной листами из композиционных материалов, с модулем упругости, равным модулю упругости древесины

$$n = \frac{E_{\text{комп}}}{E_{\text{дер}}} = 1;$$

$$I_{\text{пр}} = \frac{20 \cdot 40^3}{12} + 2 \cdot 1 \left(\frac{20 \cdot 0,5^3}{12} + 10 \cdot 20,25^2 \right) = 114870 \text{ см}^4 = 1,1487 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4.$$

Напряжения в сечении балки (рис. 3):

$$-y = 20,5 \text{ см} - \sigma_{\text{комп}}^{\text{верх}} = 0,803q \text{ МПа};$$

$$-y = 20 \text{ см} - \sigma_{\text{комп}}^{\text{низ}} = 0,783q \text{ МПа};$$

$$-y = 20 \text{ см} - \sigma_{\text{дер}}^{\text{верх}} = 0,783q \text{ МПа}.$$

Отношение несущей способности балки, усиленной композиционным материалом с модулем упругости, равным модулю упругости древесины (рис. 4):

$$\frac{0,843q}{0,783q} = 1,076.$$

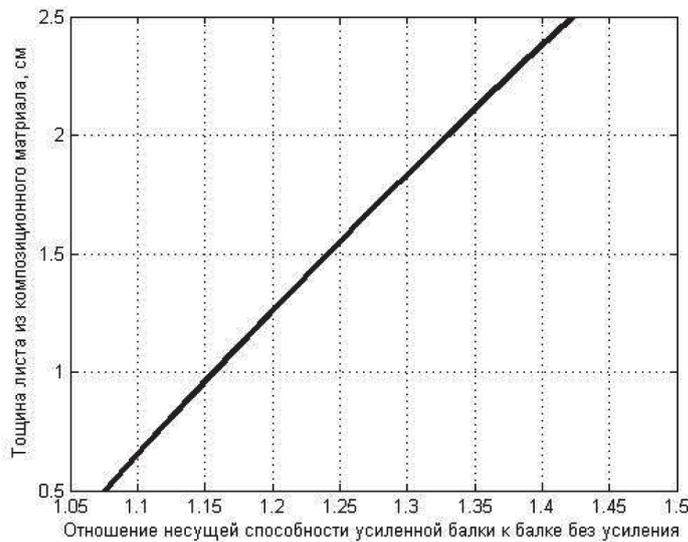


Рис. 4. Отношение несущей способности балки, усиленной композитным материалом с модулем упругости, равным модулю упругости древесины, к балке без усиления

Рассмотрим вариант усиления деревянной балки наклейкой листов из углепластика, например, с использованием углеткани марки ЗК, характер плетения твил 2/2 на эпоксидной матрице с температурой стеклования 80 °С и толщиной 5 мм и с модулем, превосходящим модуль упругости древесины (рис. 5).

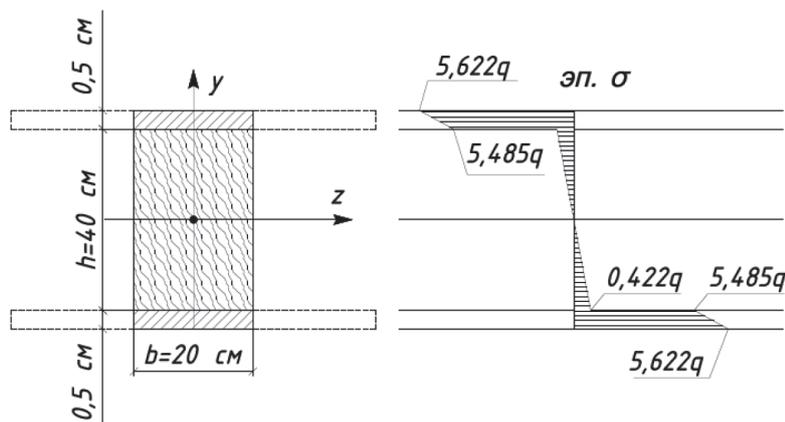


Рис. 5. Нормальные напряжения в балке, усиленной наклейкой листов из углепластика, с модулем упругости, превышающим модуль упругости древесины

$$n = \frac{E_{\text{комп}}}{E_{\text{дер}}} = 13;$$

$$I_{\text{пр}} = \frac{20 \cdot 40^3}{12} + 2 \cdot 13 \left(\frac{20 \cdot 0,5^3}{12} + 10 \cdot 20,25^2 \right) = 213288 \text{ см}^4 = 2,132 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4.$$

Напряжения в сечении балки:

$$-y = 20,5 \text{ см} - \sigma_{\text{комп}}^{\text{верх}} = 5,622q \text{ МПа};$$

$$-y = 20 \text{ см} - \sigma_{\text{комп}}^{\text{низ}} = 5,485q \text{ МПа};$$

$$-y = 20 \text{ см} - \sigma_{\text{дер}}^{\text{верх}} = 0,422q \text{ МПа}.$$

Масса элементов усиления 18 кг. Увеличение массы на погонный метр составит 3 кг/м.

Необходимо учитывать, что усиление, препятствующее развитию разрушения от действия изгибающего момента, может повысить вероятность появления разрушения от действия поперечной силы и касательных напряжений [8] – [10]. Определим прочность клеевого шва при скалывании:

$$\tau_{\text{max}} = \frac{Q_y \cdot S_x^{\text{отс}}}{I_x b} = \frac{13 \cdot 0,5 \cdot 20 \cdot 20,25 \cdot Q_y}{2,132 \cdot 10^{-3} \cdot 0,2} = 6,17 \cdot 10^6 Q_y;$$

$$\tau_{\text{max}} \leq 35 \text{ МПа}.$$

Выполним сравнение грузоподъемности балки с усилением и без усиления углепластиком (рис. 6):

$$\frac{0,843q}{0,422q} = 1,997.$$

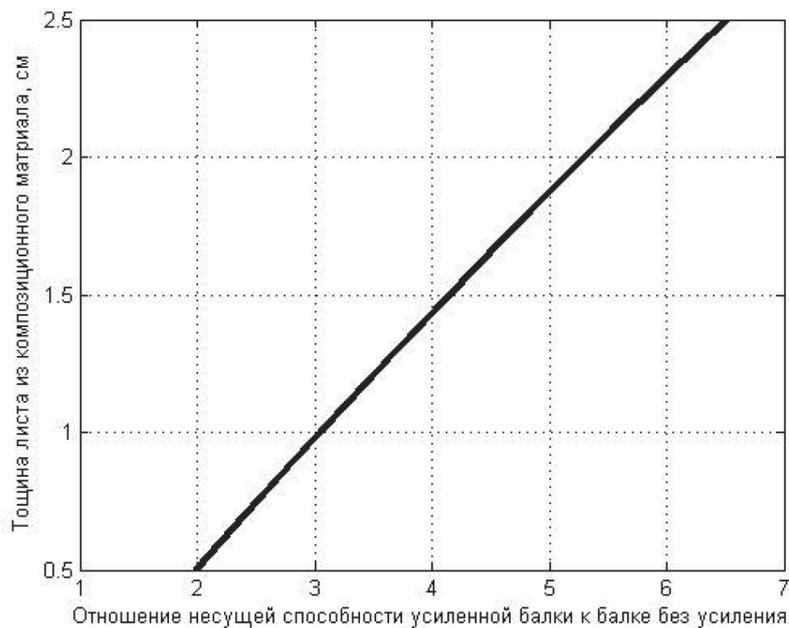


Рис. 6. Отношение несущей способности балки, усиленной композитным материалом, с модулем упругости большим, чем у древесины, к балке без усиления

Таким образом, подбирая материалы по величине модуля упругости, можно усилить строительную балку до требуемого уровня.

Обсуждение результатов

Полученные результаты исследования по повышению прочности балок или конструкций при восстановлении, ремонте либо реконструкции позволяют в необходимых случаях сохранить

строительную конструкцию при наименьших затратах. Применение высокопрочных композиционных материалов на основе волокон углерода, стекла, металлов делают эту задачу практически осуществимой.

Использование композиционных полимерных материалов на основе древесины, чувствительной к изменениям влажности среды, потребует протекторной защиты в виде влагоизоляции с целью предотвращения порчи и гниения, что, в конечном счете, приведет к увеличению срока службы конструкций. Для защиты погонажных изделий от окружающей среды можно при изготовлении защитить их поверхности способом намотки тканевых полос из композиционных материалов, армированных высокопрочными волокнами углерода, стекла и др.

Решенная задача выполнена без учета податливости соединений слоев из разнородных материалов. Податливость соединений (клеевых, на шурупах, с применением когтевых шайб, на гвоздях и т. д.) не отразится на основных выводах данного исследования.

Основными недостатками внешнего усиления строительных конструкций углепластиком являются возможные риски отказа от пожара, вандализма и случайных повреждений незащищенной конструкции. Поэтому при проектировании усиления необходимо учитывать, что наиболее благоприятным случаем эксплуатации конструкции после усиления будет восприятие усиливающим элементом из полимерного композиционного материала всей временной нагрузки (кратковременной и длительной), а постоянную нагрузку, особенно от собственного веса, будет воспринимать усиливаемая конструкция. Это положение играет важную роль при усилении мостовых конструкций. Композиционные материалы можно защитить как от вандализма, так и от пожара нанесением специальных покрытий.

Заключение

Таким образом, усиление строительных конструкций зданий портовой инфраструктуры композиционными материалами является менее трудоемким и энергозатратным процессом по сравнению со всеми другими аналогичными способами усиления (например, усиление металлическими конструктивными элементами). Это обстоятельство имеет немаловажное значение при ремонте и усилении многих конструкций, например, ангаров, навесов, корпусов промышленных зданий, цехов и прочей портовой инфраструктуры, когда их отказ (временное прекращение эксплуатации в ограниченные сроки навигации) во время проведения ремонтных работ приводит к значительным финансовым и материальным потерям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Анисимов А. В.* Современные машиностроительные материалы. Неметаллические материалы: справ. / А. В. Анисимов, В. Е. Бахарева, И. В. Блышко [и др.]; под общ. ред. И. В. Горынина, А. С. Орыщенко. — СПб.: НПО «Профессионал», 2012. — 916 с.
2. *Kagan-Rosenzweig L.M.* On calculation of natural frequencies of compressed rods with variable cross-section / L.M. Kagan-Rosenzweig // *Materials Physics and Mechanics*. — 2017. — Т. 31. — № 1-2. — С. 12–15.
3. *Шилин А. А.* Усиление железобетонных конструкций композиционными материалами / А. А. Шилин, В. А. Пшеничный, Д. В. Кутузов. — М.: Стройиздат, 2004. — 144 с.
4. *Чернякин С. А.* Анализ роста расслоений в композитных конструкциях / С. А. Чернякин, Ю. В. Скворцов // *Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М. Ф. Решетнева*. — 2014. — № 4 (56). — С. 249–255.
5. *Глухих В. Н.* Определение постоянных упругости с учетом анизотропии свойств композиционных материалов, используемых для намотки ответственных оболочек и стержневых конструкций в судостроении и портовой инфраструктуре / В. Н. Глухих, В. М. Петров, Н. Ю. Сойту // *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова*. — 2016. — № 2 (36). — С. 137–142.

DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-2-137-142.

6. Rutman Yu. L. The generalization of the flexibility method for elastoplastic computation of rod systems / Yu. L. Rutman, V. A. Meleshko // *Materials Physics and Mechanics*. — 2017. — Т. 31. — № 1-2. — С. 67–70.

7. Акопян А. Л. К вопросу использования некоторых особенностей природных материалов при разработке композитов для строительных конструкций / А. Л. Акопян, В. Н. Глухих, А. А. Прилуцкий // *Фундаментальные исследования*. — 2016. — № 3-2. — С. 235–239.

8. Fornander M. A. New Method for using Prestressed Fiber-Reinforced Polymer Laminates for Strengthening and Repair of Structural Members: Master's Thesis / M. Fornander, P. Nihlmark. — Göteborg, Sweden: Chalmers University of Technology, 2013. — 159 p.

9. Островская Н.В. Использование структурных моделей для интерпретации феномена повышения прочности образцов при изгибе по сравнению с растяжением / Н.В. Островская, Ю.Л. Рутман, М.В. Меньшикова // *Морские интеллектуальные технологии*. — 2017. — Т. 1. — № 2 (36). — С. 81–86.

10. Каган-Розенцвейг Л. М. Техническая теория касательных напряжений в изгибаемом стержне / Л. М. Каган-Розенцвейг // *Вестник гражданских инженеров*. — 2017. — № 3 (62). — С. 40–49. DOI: 10.23968/1999-5571-2017-14-3-40-49.

REFERENCES

1. Anisimov, A.V., V.E. Bakhareva, I.V. Blyshko, et al. *Sovremennye mashinostroitel'nye materialy. Nemetallicheskie materialy: Sprav.* Edited by I.V. Gorynina, and A.S. Oryshchenko. SPb.: NPO «Professional», 2012.

2. Kagan-Rosenzweig, L.M. “On calculation of natural frequencies of compressed rods with variable cross-section.” *Materials Physics and Mechanics* 31.1-2 (2017): 12–15.

3. Shilin, A.A., V.A. Pshenichnyi, and D.V. Kutuzov. *Usilenie zhelezobetonnykh konstruksii kompozitsionnymi materialami*. M.: OAO Izdatel'stvo «Stroiizdat», 2004.

4. Chernyakin, Sergey Alekseevich, and Yury Vasilyevich Skvortsov. “Analysis of delamination propagation in composite structures.” *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta im. akademika M.F. Reshetneva* 4(56) (2014): 249–255.

5. Gluhih, Vladimir Nikolaevich, Vladimir Markovich Petrov, and Natalja Jurevna Sojtu. “Determination of elasticity constants with anisotropy of properties of composite materials used for winding the responsible shell and beam structures in shipbuilding and port infrastructure.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 2(36) (2016): 137–142. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-2-137-142.

6. Rutman, U.L., and V.A. Meleshko. “The generalization of the flexibility method for elastoplastic computation of rod systems.” *Materials Physics and Mechanics* 31.1-2 (2017): 67-70.

7. Akopyan, A.L., V.N. Glukhikh, and A.A. Prilutskiy. “The use of some natural materials in the development of composites for the building industry.” *Fundamental research* 3-2 (2016): 235–239.

8. Fornander, M., and P. Nihlmark. *A New Method for using Prestressed Fiber-Reinforced Polymer Laminates for Strengthening and Repair of Structural Members: Master's Thesis*. Göteborg, Sweden: Chalmers University of Technology, 2013.

9. Ostrovskaya, Nadejda Vladimirovna, Juriy Lazarevich Rutman, and Maria Valerjevna Menshikova. “Use of structural models for interpretation of the increase phenomenon in durability of samples at the bend in comparison with stretching.” *Marine intellectual technologies* 1.2(36) (2017): 81–86.

10. Kagan-Rosenzweig, L.M. “Technical theory of shearing stresses in a bent rod.” *Bulletin of Civil Engineers* 3(62) (2017): 40–49. DOI: 10.23968/1999-5571-2017-14-3-40-49.

Глухих Владимир Николаевич —
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «СПбГАСУ»
190005, Российская Федерация,
г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, 4
e-mail: *tehneh@spbgasu.ru*

Петров Владимир Маркович —
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «СПбГАСУ»
190005, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,
ул. 2-я Красноармейская, 4
e-mail: *tribotex@yandex.ru*

Худаев Егор Вадимович — ассистент
ФГБОУ ВО «СПбГАСУ»
190005, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург,
ул. 2-я Красноармейская, 4
e-mail: *Boturdar@mail.ru*

Gluhih, Vladimir N. —
Dr. of Technical Sciences, professor
Saint-Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering
4 2nd Krasnoarmeyskaya Str., St. Petersburg,
190005, Russian Federation
e-mail: *tehneh@spbgasu.ru*

Petrov, Vladimir M. —
Dr. of Technical Sciences, professor
Saint-Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering
4 2nd Krasnoarmeyskaya Str., St. Petersburg,
190005, Russian Federation
e-mail: *tribotex@yandex.ru*

Khudaev, Egor V. — Assistant
Saint-Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering
4 2nd Krasnoarmeyskaya Str., St. Petersburg,
190005, Russian Federation
e-mail: *Boturdar@mail.ru*

*Статья поступила в редакцию 15 ноября 2017 г.
Received: November 15, 2017.*