

**ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ
УСИЛЕНИИ НОВЫХ И РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ****Ирина Александровна Маяцкая^{1*}, Анастасия Евгеньевна Федченко¹,****Елизавета Алексеевна Кондратенко¹**

¹*Академия строительства и архитектуры Донского государственного технического университета (ДГТУ), г.Ростов-на-Дону, РФ*

**irina.mayatskaya@mail.ru*

Железобетонные элементы применяются в конструкциях зданий и сооружений промышленного и гражданского строительства. Одним из циклов работы железобетонных конструкций является их ремонт и реконструкция, включающие этапы усиления элементов. Рассматривается вопрос об усилении колонн и других элементов конструкций полимерными композиционными материалами в виде углепластиковых ламелей или углетканей. Применение композиционных материалов позволяет увеличить срок эксплуатации и прочность железобетонных конструкций. Усиление конструкций можно проводить с помощью технологии торкретирования. Рассматриваются технологии “сухого” и “мокрого” торкретирования.

Ключевые слова: *конструкция, усиление, деформация, полимерный композиционный материал, ламель, углеткань, бетон*

Введение. Жизнь людей в последнее время очень изменилась. Мы живем в век компьютерных технологий, автоматизации и стремительного развития всех отраслей науки и техники, в том числе и строительства. Специалисты стараются разработать все более новые методы и средства, которые позволят ускорить процесс строительства и реконструкции. К таким методам относятся торкретирование и применение композиционных полимерных материалов, например, углепластиковых ламелей.

Традиционные типы усиления железобетонных конструкций, например, стальными и железобетонными обоймами и рубашками в настоящее время отступают на второй план, и все большее применение находят методы усиления современными полимерными композиционными материалами [1, 2]. Применение такой технологии приводит к уменьшению времени выполняемых работ и характеризуется простотой их выполнения. Системы внешнего армирования углеродными тканями и углепластиковыми ламелями при строительстве и реконструкции строительных сооружений начинают применяться и в нашей стране [3-7]. Они предназначены для увеличения прочности конструкций при строительстве, для ремонта и усиления несущих конструкций зданий с целью устранения разрушения бетона и коррозии арматуры в результате длительного воздействия природных факторов и агрессивных сред в процессе эксплуатации сооружений.

Цель исследования. Цель исследования – это анализ методов усиления конструкций и определение рациональных способов с применением полимерных композиционных материалов.

Методы анализа и результаты исследования. В современном строительстве увеличивается объем работ, связанных с усилением конструкций как при новом возведении сооружений, так и при

ремонтных, восстановительных и реставрационных работах [4, 5]. Восстановительные и ремонтные работы проводят для железобетонных конструкций с различными дефектами после определенного срока эксплуатации для повышения несущей способности или в связи с изменениями в проекте. К сожалению, усиление приходится проводить и на стадии строительства в связи с нарушениями технологии как при изготовлении элементов конструкции, так и в процессе производства строительных работ. При изучении этой проблемы используется сравнительный анализ методов усиления с помощью способов, долгое время применяемых в строительстве, и с использованием новых материалов и технологий, связанных с достижениями в производстве углетканей и углепластиковых ламелей.

Традиционные технологии усиления строительных конструкций основаны на устройстве рубашек и обойм, наращивании сечения балок, установки дополнительной арматуры и разгружающих стоек, замене элементов конструкций и других мероприятиях.

К дефектам и недостаткам при строительстве, снижающим прочность и эксплуатационные качества бетонных конструкций относятся:

- 1) протечки через кровлю и стыки, проникновение грунтовых и талых вод в подвальные помещения, низкие теплоизоляционные качества конструкции, старение элементов железобетонных конструкций и отделки фасадов;
- 2) переустройство зданий без учета фактических нагрузок на данные конструкции, удаление грунта из-под фундаментов и рядом с ним, отсутствие профилактического ремонта и устранение дефектов во время эксплуатации;
- 3) ошибки в проектировании, нарушение технологии строительства новых зданий, неточное обследование грунтов для оснований сооружений.

В основном, использовались методы усиления с применением железобетона или стальных конструкций, эффективность которых доказана временем. Стоит отметить трудоемкость этих проводимых работ, необходимость контроля надежности усиливаемой конструкции, наличие сварочных работ и высокой квалификации специалистов, а также увеличение веса конструкции.

Появление необходимости усиления элементов конструкций обусловлена широким распространением монолитно – каркасного строительства с использованием колонн по периметру плит перекрытия (рис. 1, а). Увеличение нагрузки на них ведет к снижению несущей способности всего здания. Хотя для строительства зданий выше 20 этажей в настоящее время стали применять технологии возведения без применения колонн (рис. 1, б).



а



б

**Рис. 1. Процесс возведения монолитно – каркасного здания:
а – с колоннами; б – без колонн**

Железобетонные колонны повсеместно применяются в конструкциях зданий и сооружений промышленного и гражданского строительства. В подавляющем большинстве случаев колонны служат опорами для других элементов зданий, например, ригелей, плит перекрытий, прогонов, балок. Часто они выполняют декоративные функции в зависимости от архитектурных особенностей строения. Одним из циклов работы железобетонных конструкций является их ремонт и реконструкция, включающие этапы усиления элементов. В связи с этим возникает проблема усиления железобетонных колонн. Применение композиционных материалов позволяет увеличить срок эксплуатации и прочность железобетонных конструкций, применяемых в строительстве.

Вопросам расчета стоек из высокопрочных бетонов с учётом напряжённо – деформированного состояния, усиленных полимерными композиционными материалами, в настоящее время уделено недостаточно внимания. При усилении углепластиковыми ламелями строительных конструкций необходимо знать области их наиболее рационального расположения [8-10]. Примеры усиления колонн и перекрытий показаны на рис. 2.

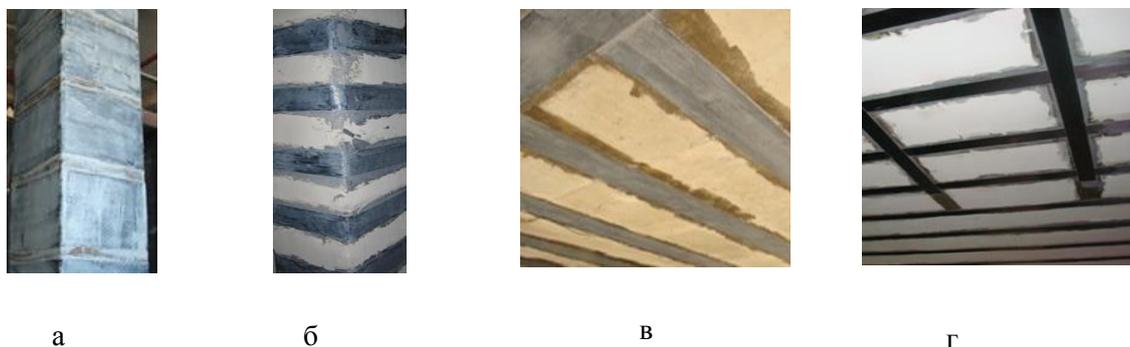


Рис. 2. Усиление железобетонных колонн (а, б) и плиты (в, г) тканями из угле – и стекловолокна и углепластиковыми ламелями (а, в – ткани; б, г – ламели)

Обычно усиление проводят приклеиванием полос только в одном направлении, например, в радиальном или в двух взаимно – перпендикулярных направлениях, которое очень часто используется для усиления перекрытий (рис. 2). Хотя можно проводить и комбинированное усиление, например, при усилении колонны ламели приклеиваются в продольном направлении, а холсты - в радиальном.

На практике большинство колонн в строительной сфере воспринимает как сжимающие нагрузки, так и нагрузки от действия изгибающего момента при внецентренном расположении сжимающей силы. Необходимо отметить, что при внецентренном сжатии часть сечения колонны будет воспринимать растягивающие усилия. Если эту часть конструкции невозможно усилить установкой обоймы из композиционных материалов, то возможно усиление колонны приклеиванием полос из композиционного материала в растянутой зоне сечения [8, 9].

Эффективность усиления возрастает с увеличением центрально приложенной силы и количества композиционного материала в обойме. Применение пяти слоев композиционного материала позволяет увеличить несущую способность колонны на действие осевой нагрузки и незначительно - на действие изгибающего момента. При использовании десяти слоев значительно увеличивается несущая способность колонны. Такое небольшое увеличение несущей способности колонны на действие изгибающего момента является достоинством при усилении колонн в сейсмически опасных районах, так как нежелательное увеличение жесткости при изгибе конструкции может привести к разрушению рядом расположенных элементов сооружения. При этом, чем больше

эксцентриситет приложения нагрузки, тем нейтральная ось приближается к центру тяжести поперечного сечения конструкции, и тем большая часть сечения бетона будет работать на растяжение. Естественно, эффективность усиления колонн обоями из композиционных материалов при этом снижается.

Усиление обоями эффективно при увеличении центрально приложенной нагрузки, например, при увеличении этажности здания, когда дополнительная нагрузка передается или по оси колонны или со случайным эксцентриситетом. Вместе с тем внецентренно сжатые железобетонные конструкции можно усилить приклеиванием полос композиционного материала к растянутой грани элемента. Особенно эффективна в данном случае будет установка полос или лент композиционного материала в пазах, так как в этом случае наиболее полно используется высокая прочность композиционного материала на растяжение и исключается возможность его отслоения от усиливаемой конструкции.

Существует еще одна технология повышения прочности и усиления конструкций – это торкретирование [11, 12]. Эта строительная технология основана на нанесении на поврежденную железобетонную поверхность под высоким давлением бетонного раствора мокрым или сухим способом. При этом поверхности могут иметь самую разнообразную форму. Метод торкретирования получил широкое распространение лишь несколько лет назад в связи с увеличением объемов строительства и необходимостью возведения прочных, крепких и не подвергаемых внешним факторам зданий и сооружений. Суть метода состоит в нанесении на арматуру бетонной смеси в несколько слоев. Такая смесь распыляется на поверхности из специальной установки под большим давлением воздуха (150...300 *кПа*). В результате этого, смесь заполняет трещины, мелкие поры и пустоты. Таким образом, происходит укрепление и защита сооружения от осадков, влаги, высоких и низких температур, абразивного износа, истирания и ударов.

В настоящее время очень рационально и целесообразно возводить новые конструкции и сооружения, которые имеют сложную форму, методом торкретирования. Особенно, если строительство происходит в регионах с повышенным количеством осадков или, наоборот, в засушливых районах нашей страны. Использование такого метода имеет ряд преимуществ, которые позволяют строящейся конструкции достичь прочности, жесткости и устойчивости. К ним относятся: высокая производительность; низкие затраты труда; улучшенные физико-механические свойства торкрета в отличие от обычного бетона – морозо – и жаростойкость; механическая прочность; водонепроницаемость; сцепление с поверхностью; возможность покрытия перекрытий, находящихся в разных плоскостях, неровных и наклонных поверхностей.

При строительстве котлованов, хранилищ, мостов, развязок дорог следует использовать технологию “сухого” торкретирования. Её суть состоит в подаче воды и смеси по отдельным шлангам, которые смешиваются непосредственно в распылителе. Преимущества этой технологии, в данном случае, заключаются в высокой скорости потока раствора, увеличении адгезии с поверхностью, сухую смесь можно подавать на большие расстояния, повышается маневренность.

При возведении же общественных, промышленных или жилых зданий, а также при их ремонте удобнее использовать технологию “мокрого” торкретирования (готовый раствор). Она позволяет проводить работу в закрытых помещениях, так как зона обработки загрязняется незначительно. Отскок смеси при данной технологии минимален, а отходный материал после завершения процесса торкретирования можно использовать для других строительных операций.

Обычно применяется арматурная сетка с ячейками прямоугольной формы и размерами не менее 10 см. При торкретировании бетон наносится послойно, каждый слой не превышает 3...6 см в зависимости от метода нанесения (рис. 3). При усилении конструкций этим способом предлагается в местах усиления использовать в промежуточных слоях ламели с шероховатой или рифленой поверхностью с ячеистой структурой квадратной или гексагональной формы. Для широкого внедрения данного способа усиления необходимо предварительно провести экспериментальные исследования, которые смогут дать рекомендации для производства этих полос и для технологии их использования в строительстве.



а



б

**Рис. 3. Усиление железобетонной колонны с помощью различных технологий:
а – традиционные; б – торкретирование**

Выводы. Использование метода торкретирования для возведения и реконструкции различных конструкций имеет большое значение, так как целью строительства, как отрасли экономики, является сокращение расходов и повышение качества возводимых объектов.

Усиление композиционными полимерными материалами строительных конструкций – это менее трудоемкий и энергозатратный процесс по сравнению с другими традиционными способами усиления, поэтому необходимо шире внедрять и развивать методы усиления конструкций новыми материалами.

**ՆՈՐ ՆՑՈՒԹԵՐԻ ԵՎ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱՆԵՐԻ ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ ՆՈՐ ԵՎ ՎԵՐԱԿԱՌՈՒՑՎՈՂ
ՇԻՆԱՐԱՐԱԿԱՆ ԿՈՆՍՏՐՈՒԿՑԻԱՆԵՐԻ ՈՒՇԵՂԱՑՄԱՆ ԸՆԹԱՑՔՈՒՄ**

**Իրինա Ալեքսանդրի Մայացկայա¹, Անաստասիա Եվգենիի Ֆեդչենկո¹, Ելիզավետա
Ալեքսեյի Կոնդրատենկո¹**

*¹Ռոսի պետական տեխնիկական համալսարանի շինարարության և ճարտարապետության
ակադեմիա, ք. Ռոսի Ռոստով, ՌԴ
irina.mayatskaya@mail.ru*

Երկաթբետոնե տարրերը կիրառվում են արտադրական և քաղաքացիական շինարարության շենքերի և շինությունների կառուցվածքում: Երկաթբետոնե կոնստրուկցիաների աշխատանքի փուլերից մեկը դրանց նորոգումն ու վերականգնումն է, որը ներառում է տարրերի ուժեղացման փուլերը: Դիտարկվում են ածխապլաստային հպաթիթեղի կամ ածխազործվածքի տեսքով պոլիմերային կոմպոզիտային նյութերով սյուների և

կոնստրուկցիաների այլ տարրերի ուժեղացման հարցերը: Կոմպոզիտային նյութերի կիրառումը թույլ է տալիս ավելացնել երկաթբետոնե կոնստրուկցիաների շահագործման ժամկետը և ամրությունը: Կոնստրուկցիաների ուժեղացումը կարելի է կատարել ճնշածեփման տեխնոլոգիայի օգնությամբ: Դիտարկվում են «չոր» և «թաց» ճնշածեփման տեխնոլոգիաները: **Առանցքային բառեր.** կոնստրուկցիա, ուժեղացում, դեֆորմացիա, պոլիմերային կոմպոզիտային նյութ, հպարիթեղ, ածխազործվածք, բետոն

APPLICATION OF UP-TO-DATE MATERIALS AND TECHNOLOGIES FOR STRENGTHENING NEW AND RECONSTRUCTIBLE BUILDING STRUCTURES

Irina Mayatskaya^{1*}, Anastasia Fedchenko¹, Elizabeth Kondratenko¹

¹Academy of construction and architecture of Don state technical University (DSTU), RF, Rostov-on-Don
irina.mayatskaya@mail.ru

Reinforced concrete structural elements are used in the construction of buildings and constructions of industrial and civil construction. One of the cycles of the work of reinforced concrete structures is the state of their repair and reconstruction, including the stages of strengthening the elements. There is a problem of strengthening elements of reinforced concrete structures. The issue of reinforcing columns and other structural elements with polymeric composite materials in the form of carbon fiber lamellae or carbon fabrics is considered. The use of composite materials allows to increase the service life and strength of reinforced concrete structures used in construction. Strengthening of structures may be carried out using shotcrete technology. The technology of "dry" and "wet" shotcrete is considered.

Keywords: design, reinforcement, deformation, polymeric composite material, lamellas, fabric, concrete

Литература

1. Маилян Р.Л., Маилян Д.Р., Веселев Ю.А. Строительные конструкции [Текст]: учебное пособие - Ростов-на-Дону: Феникс, 2008. – 875 с.
2. Польской П.П., Маилян Д.Р. Композитные материалы - как основа эффективности в строительстве и реконструкции зданий и сооружений [Электронный ресурс] //«Инженерный вестник Дона», 2012, № 4. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1307>
3. Mayatskaya I.A., Fedchenko A.E., Demchenko D.B., Strengthening building structures with polymer composite materials // Solid State Phenomena, 2017.– 265 SSP, pp. 91-96
4. Маяцкая И.А., Федченко А.Е., Усиление конструкций архитектурных памятников с помощью полимерных композиционных материалов [Текст]// Международный научно-исследовательский журнал.– Екатеринбург, 2017.– № 05(59), Часть 1. – С. 58 – 61
5. Mayatskaya I.A., Fedchenko A.E., Zagutin D.S., Strengthening mini silo construction made of reinforced concrete blocks with carbon fiber lamellae // Solid State Phenomena, 2017.– 265 SSP, pp. 86-90

6. Польской П.П., Георгиев С.В. Вопросы исследования сжатых железобетон-ных элементов, усиленных различными видами композитных материалов [Электронный ресурс] //Инженерный вестник Дона, 2013, №4 – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2134>
7. Польской П.П., Маилаян Д.Р., Мерват Хишмах, Кургин К.В. О деформативности изгибаемых элементов из тяжелого бетона при двухрядном расположении углепластиковой и комбинированной арматуры [Электронный ресурс] //Инженерный вестник Дона, 2013, №4 – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2094>
8. Маилаян Д.Р., Польской П.П., Георгиев С.В. Методики усиления углепластиком и испытания коротких и гибких стоек [Текст] // Научное обозрение, 2014, №10, ч.2. С.415-418
9. Польской П.П., Георгиев С.В. Характеристики материалов, используемых при исследовании коротких и гибких стоек, усиленных углепластиком [Текст] // Научное обозрение, 2014г, №10, ч.2. С.411-414
10. Маяцкая И.А., Еремин В.Д., Федченко А.Е. Сборные железобетонные конструкции и их усиление полимерными композиционными материалами [Текст]// Инновационные технологии при решении технических задач: сборник статей международной научно-практической конференции, 5 сентября 2017.– Волгоград: АЭТЕРНА, 2017. – С. 37 – 39.
11. Сайт ЗАО «Служба защиты сооружений» [Электронный ресурс]-URL: <http://rostorkret.ru/> - дата обращения 18.11.2017.
12. Сайт ООО «Экосистема» [Электронный ресурс]-URL: <http://torkrestroi.ru/> - дата обращения 18.11.2017.

References

1. **Mailyan R.L., Mailyan D.R., Veselev U.A.** (2008), *Stroitelnye konstruksii* [Building construction]. Rostov – on – Don, Feniks, 875 p.
2. **Polskoy, P.P., Mailyan, D.R.** (2012), [Composite materials - as the basis of efficiency in the construction and reconstruction of buildings and structures]. *Ingenernyy vestnik Dona*, (in Russian). Available at: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1307>
3. **Mayatskaya, I.A., Fedchenko, A.E., Demchenko, D.B.** (2017), Strengthening building structures with polymer composite materials. *Solid State Phenomena*, 265 SSP, pp. 91-96
4. **Mayatskaya, I.A., Fedchenko, A.E.** (2017), Usilenie konstruksiy arkhitekturnykh pamyatnikov s pomoschyu polimernykh kompositsionnykh materialov [Strengthening of structures of architectural monuments using polymeric composite materials]. *Mejdunarodnyy nauchno – issledovatel'skiy jurnal*, no. 05 (59), Ch. 1, pp. 58 – 61
5. **Mayatskaya, I.A., Fedchenko, A.E., Zagutin, D.S.** 2017), Strengthening mini silo construction made of reinforced concrete blocks with carbon fiber lamellae. *Solid State Phenomena*, 265 SSP, pp. 86-90
6. **Polskoy, P.P., Georgiev, S.V.** (2013), [Research questions of the compressed concrete elements strengthened with various types of composite materials] *Ingenernyy vestnik Dona*, no. 14, (in Russian). Available at: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2134>
7. **Polskoy, P.P., Mailyan, D.R., Mervat, Khishmakh, Kurgin, K.V.** (2013), [On the deformability of bending elements of heavy concrete with two-row arrangement and combination of the carbon fiber reinforcement]. *Ingenernyy vestnik Dona*, no. 14, (in Russian). Available at: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2094>

8. **Mailyan, D.R., Polskoy, P.P., Georgiev, S.V.** (2014), Metodiki usileniya ugleplastikom i ispytaniya korotkikh i gibkikh stoek [Methods of strengthening by CFRP and testing of short and flexible stands]. *Nauchnoe obosrenie*, no. 10, Ch. 2, pp. 415 – 418
9. **Polskoy, P.P., Georgiev, S.V.** (2014), Kharakteristiki materialov, ispolsuemyykh pri issledovanii korotkikh i gibkikh stoek, usilennykh ugleplastikom [The characteristics of the materials used in the study short and flexible stands, reinforced by CFRP]. *Nauchnoe obosrenie*, no. 10, Ch. 2, pp. 411 – 41
10. **Mayatskaya, I.A., Eryomin, V.D., Fedchenko, A.E.** (2017), [Precast concrete structures and their reinforcement of polymeric composite materials]. *Trudy mejdunarodnoy nauchno – prakticheskoy konferentsii “Innovacionnyye tekhnologii pri reshenii tekhnicheskikh sadach”* [Proceedings of the international scientific - practical conference “Innovative technologies for solving technical problems“]. Volgograd, pp. 37 -39, (in Russian).
11. The website of CJSC "Structural protection Service" [Electronic resource] - URL: <http://rostorkret.ru/> - date of access 18.11.2017.
12. The website OOO "Ecosystem" [Electronic resource] - URL: <http://torkrestroi.ru/> - date of access 18.11.2017.

Մայացկայա Իրինա Ալեքսանդրի, տեխ.գիտ. թեկն., դոցենտ (ՌԴ, ք.Ղոնի Ռոստով) - Ղոնի պետական տեխնիկական համալսարանի շինարարության և ճարտարապետության ակադեմիա, Նյութերի դիմադրության ամբիոն, irina.mayatskaya@mail.ru, **Ֆեդչենկո Անաստասիա Եվգենիի** (ՌԴ, ք.Ղոնի Ռոստով) - Ղոնի պետական տեխնիկական համալսարանի շինարարության և ճարտարապետության ակադեմիա, Նյութերի դիմադրության ամբիոն, ասպիրանտ, +7(928)6117191, aefedchenko@mail.ru, **Կոնդրատենկո Ելիզավետա Ալեքսևնի** (ՌԴ, ք.Ղոնի Ռոստով)- Ղոնի պետական տեխնիկական համալսարանի շինարարության և ճարտարապետության ակադեմիա, ուսանող, +7(928)1384818, liza1384818@yandex.ru
Маяцкая Ирина Александровна, кандидат технических наук, доцент (РФ, г. Ростов-на-Дону) – Академия строительства и архитектуры Донского государственного технического университета (ДГТУ), кафедра “Сопротивление материалов”, +7 (903) 488 02 60, irina.mayatskaya@mail.ru, **Федченко Анастасия Евгеньевна** (РФ, г.Ростов-на -Дону) – Академия строительства и архитектуры Донского государственного технического университета (ДГТУ), кафедра “Сопротивление материалов”, аспирант, +7(928)6117191, aefedchenko@mail.ru, **Кондратенко Елизавета Алексеевна** (РФ, г.Ростов-на-Дону) – Академия строительства и архитектуры Донского государственного технического университета (ДГТУ), специальность “Информационные системы и технологии”, студент, +7 (928) 1384818, liza1384818@yandex.ru
Mayatskaya Irina, doctor of philosophy (PhD) in engineering, associate prof. (RF, Rostov-on-Don) - Academy of construction and architecture of Don state technical University (DSTU), associate prof., chair of Strength of Materials, . +7 (903) 488-02-60, e-mail: irina.mayatskaya@mail.ru. **Fedchenko Anastasia, postgraduate student** (RF, Rostov-on-Don) - Academy of construction and architecture of Don state technical University (DSTU), chair of Strength of Materials, . +7 (928) 611-71-91, aefedchenko@mail.ru. **Kondratenko Elizabeth** - (RF, Rostov-on-Don) - Academy of construction and architecture of Don state technical University (DSTU), student, specialty “Information systems and technologies”, +7 (928)1384818, liza1384818@yandex.ru

Ներկայացվել է՝ 05.03.2018թ.

Ընդունվել է սպառողական՝ 12.03.2018թ.