

## Схемы внешнего и внутреннего армирования и методика усиления углепластиком сжатых и изгибаемых железобетонных элементов

*К.В. Кургин, С.В. Георгиев, А. И. Соловьева*

*Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону.*

**Аннотация:** Данная работа является продолжением научного исследования по определению эффективности композитных материалов на основе углеткани, в области усиления изгибаемых и сжатых элементов. Статья посвящена определению геометрических характеристик опытных образцов, описанию строения внутреннего металлического каркаса и методики усиления железобетонных образцов. Важность данной научной работы заключается в том, что одна из наиболее популярных фирм, реализующих композитные материалы в России («Гидрозо»), предлагает использовать новую технологию усиления железобетонных конструкций, отличающуюся от рекомендуемой в нормах. Однако, по утверждению специалистов завода-изготовителя, данная методика не просто обеспечивает надёжное сцепление и совместную работу материалов усиления и бетона конструкции, но и существенно увеличивает эффективность композитного материала.

**Ключевые слова:** Сталь, тяжелый бетон, железобетон, композитный материал, усиление, углепластик, испытание, стойка, балка, образец.

Внешнее композитное армирование позволяет увеличивать несущую способность железобетонных изгибаемых элементов по нормальному [1-3] и наклонному сечению [4,5] и сжатых железобетонных несущих конструкций, методом устройства композитных обойм [6-8]. Основное преимущество композитного усиления заключается в простоте [9,10] и уменьшение сроков выполнения работ [11], при этом эффективность не уступает традиционным вариантам [12-14]. Однако композитный материал не так давно массово начал использоваться в России [15] и ещё не набран достаточный опыт и нет научно-исследовательская базы для охватывания всех аспектов современного строительства. Различные фирмы, реализующие композитные материалы, предлагают свои методы и технологии выполнения работ. Данные технологии не нарушают требований свода правил, однако входят в перечень

---

не рекомендуемых мероприятий. Одним из наиболее ярких примеров являются разные методы подготовки усиливаемой поверхности бетона. Нормами предусматривается оголение щебня бетона конструкций методом удаления цементного молока. Подразумевается метод механического воздействия на поверхность бетона путём пескоструйной или физической обработки. Данные методы являются достаточно грязными и трудоёмкими. Фирма «Гидрозо», в свою очередь, предлагает метод шлифования поверхности, что существенно уменьшает сроки производства работ и общую трудоёмкость всего усиления.

Учитывая постоянную модернизацию технологии усиления, требуется экспериментальное подтверждение эффективности и надёжности системы внешнего композитного армирования. В связи с этим было решено на кафедре ЖИКК ДГТУ изучить новые методики усиления с подтверждением их эффективности. В данной работе приведены тонкости и нюансы новой методики усиления, рассмотрены все этапы и их преимущества.

Данная научная статья отражает часть результатов научных исследований [16,17], которая ориентируется на определение влияния композитных материалов на увеличение прочности и жесткости изгибаемых и сжатых железобетонных элементов.

В работе представлена информация по внутреннему металлическому каркасу и схемам усиления опытных образцов, а также расписаны этапы работ по усилению опытных образцов композитными материалами, по технологии, предложенной специалистами фирмы ООО «Гидрозо». Описание особенностей технологии выполнения работ, основные плюсы и минусы, приведены в работе [16]. Каждый этап работ проиллюстрирован на фотографиях рис. 6-12.

Цель данной работы заключается в том, чтобы читатель имел четкое понимание об объекте исследования, особенностях методики выполнения

---

работ и об эффективности композитных материалов в области усиления железобетонных конструкций.

Схемы армирования и усиления опытных образцов приведены на рис. 1-3, а схемы усиления композитным материалом на рис. 4-5. Все опытные балки и стойки имели одинаковую длину, высоту и ширину, которые составляли 220, 25 и 12,5 см – для балок и 120, 25 и 12,5 см – для стоек.

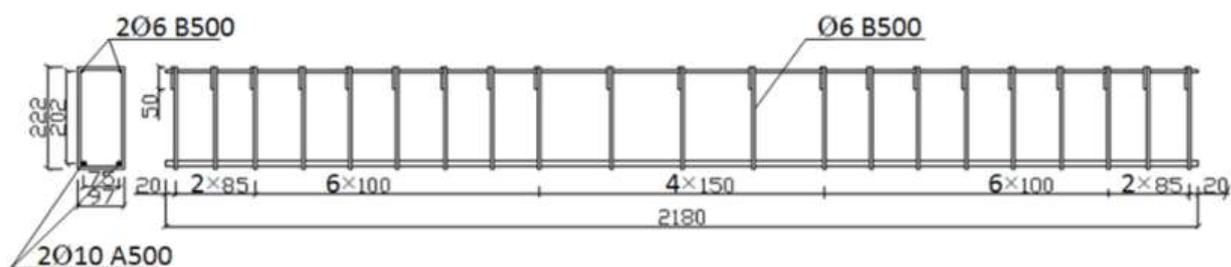


Рис.1.Конструкция каркаса балок.

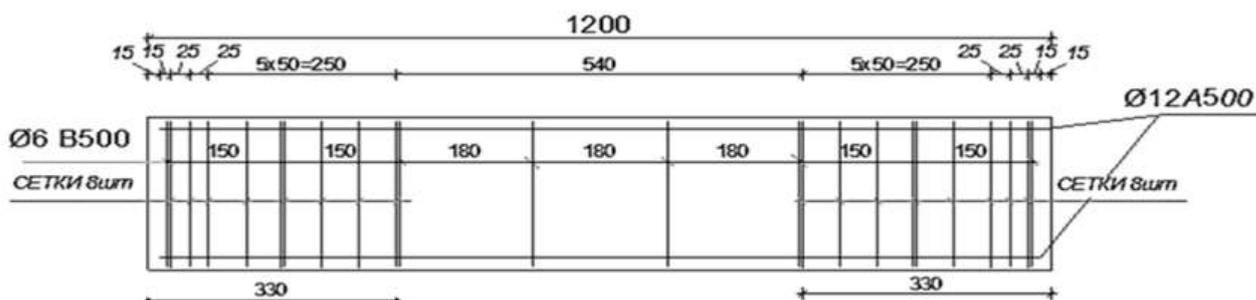


Рис. 2. Конструкция каркаса стоек.

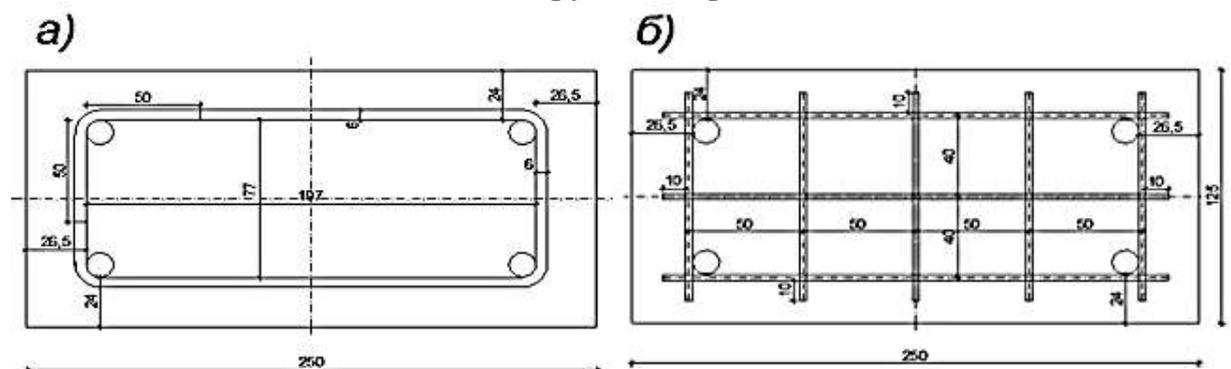


Рис. 3. Поперечные сечения по длине стержня (а) и по торцам (б) стоек.

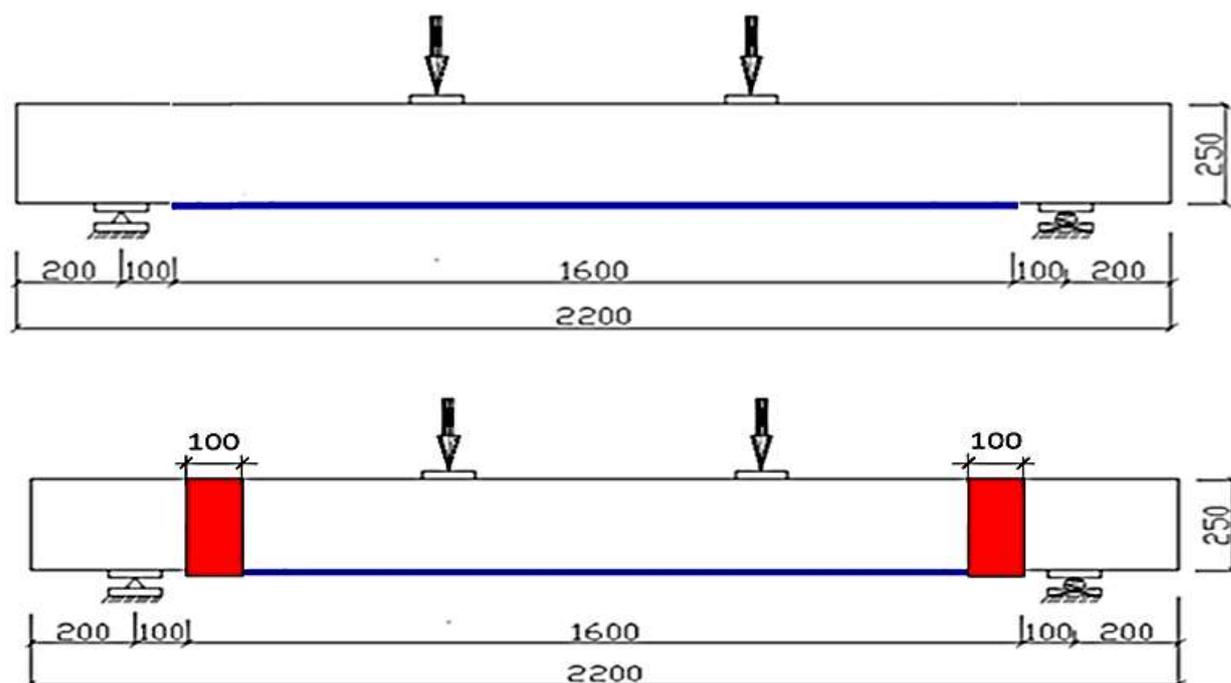


Рис.4 Схема усиления балок: сверху БС-1, снизу БС-2.

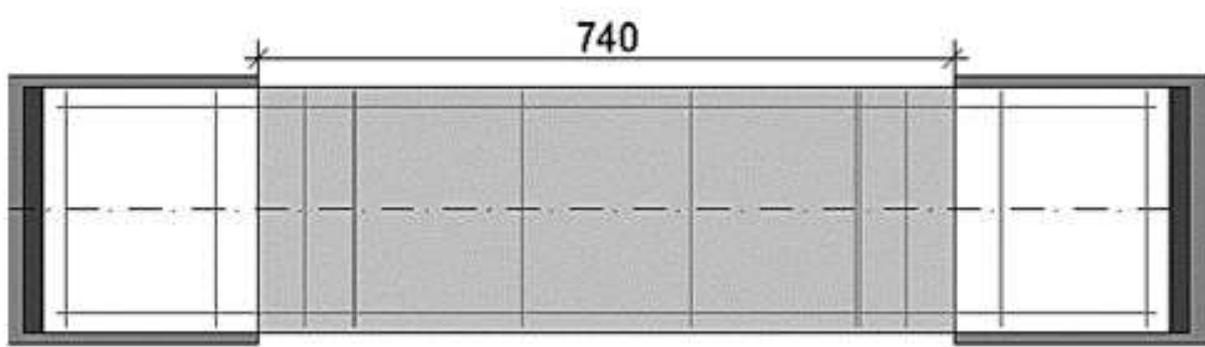


Рис.5 Схема усиления стоек КС-1 и КС-2.

Методика усиления производилась этапами, следующим образом:

Первый этап - подготовка поверхности. Бетонная поверхность была очищена от цементного молочка, путем обработки поверхности механическим абразивным инструментом (Рис. 6). После обработки шлифовальной машиной, поверхность была очищена от пыли и обезжирена ацетоном. Перед укладкой пропитанного холста композитного материала выполнялось выравнивание неровных поверхностей загущенным эпоксидным составом Манопокс 372 (Рис. 7). Для монтажа системы на

поверхность бетона был нанесен слой эпоксидного грунтовочного состава (Рис. 8). Перепады на поверхности бетона в направлении продольном оси ориентации волокон более 2мм на 30см длины были нивелированы шлифованием, малые перепады до 2мм - загущенным эпоксидным составом Манопокс 372. Перед нанесением систем композитного усиления, поверхность конструкции была шероховатой, ровной, чистой, сухой и обеспыленной. При подготовке поверхности усиления стоек, углы скруглялись радиусом 2,2см абразивным инструментом. Неровности на углах и выбоины бетона заполнялись загущенным эпоксидным составом Манопокс 372.



Рис. 6 Общий вид балок и стоек, поверхность которых очищена от цементного молочка, путем обработки поверхности механическим абразивным инструментом.



Рис. 7. Общий вид стоек подготовленных под усиление, путем выравнивания поверхности загущённым клеем Монопокс 372.



Рис. 8. Общий вид балок в процессе усиления. Слева показано огрунтовывание поверхности, справа – нанесен первый слой загущенного клея Монопокс 372.

Вторым этапом усиления являлась подготовка армирующего холста системы усиления Армошел. Рулонный материал Армошел KB500 (Рис. 9) или Армошел KB900 укладывался на чистую ровную поверхность, укрытую плёнкой, раскатывался на требуемую длину и отрезался по длине и ширине в соответствии со схемой усиления (Рис. 10). Выкройка полотна производилась с учетом требуемого по проекту количества слоев. Резка выполнялась ножницами в поперечном направлении - перерезая волокна, а в продольном направлении - перерезая скрепляющие нити.

Следующим этапом усиления является пропитка материала эпоксидным составом Манопокс. Приготовление эпоксидного состава Манопокс 372 выполнялось при температуре окружающей среды 25°C, что соответствует требованиям технологии выполнения работ. Количественная подготовка эпоксидного состава и холста осуществлялась в точном соответствии с техническими описаниями материалов, которые использовались и наносились равномерно и в количестве, указанном в рекомендациях производителя и ТО.

Компоненты А и Б Манопокс 372 смешивались путем вливания компонента Б в емкость с компонентом А. Смешивание производилось в течение 5 минут миксером для полимерных составов со скоростью до 300-400 об/мин. до получения однородной смеси.



Рис. 9. Углеткань Армошел KB500.



Рис. 10. Углепластиковые холсты Армошел KB-500 разрезанные и подготовленные для пропитки клеящим составом

Манопокс 372 наносился на холсты Армошел вручную. Во избежание отслоения, состав наносился аккуратно.

Пропитка вручную производилась следующим образом. Материал, заранее обрезанный в соответствии с требуемыми размерами, раскладывался на чистой ровной поверхности на пленке. При помощи кистей и валиков пропитывалась вся площадь холста эпоксидным составом Манопокс 372, визуально фиксировалась сквозная пропитка, затем операция повторялась на второй стороне холста до насыщения.

Нанесение материала усиления производилась следующим образом. Очищенная и выровненная поверхность покрывалась грунтовочным слоем эпоксидного состава Манопокс 372. Грунтовка наносилась кистью. Холст Армошел укладывался на поверхность бетона по одному слою последовательно, соблюдая ориентацию волокон в соответствии со схемой нанесения. При укладке пропитанного холста следило за отсутствием пузырей воздуха между бетонной подложкой и композитным материалом, разглаживая холст пластиковым шпателем и руками. На огрунтованную бетонную поверхность наносился первый слой композитного материала Армошел. Затем укладывался последующий слой пропитанного холста Армошел, по принципу «свежий по свежему».

Все концы, пересечения и перехлесты композитных материалов были дополнительно прошпаклеваны загущенным эпоксидным составом для выравнивания перепадов.

Общий вид усиленных стоек композитными материалами представлен на рис. 11.

При усилении балки с анкерными устройствами соблюдалось попеременное наклеивание холстов продольного усиления и анкерных устройств (Рис. 12).



Рис. 11. Общий вид усиленных стоек



Рис. 12. Общий вид усиленных балок

## Литература

1. Гаврилова Е.О. Усиление изгибаемых элементов композиционными материалами // Академическая публицистика. 2021. № 8-2. С. 111-119.
  2. Мухамедиев Т.А., Кузеванов Д.В. Расчет по прочности нормальных сечений железобетонных конструкций, усиленных композиционными материалами // Бетон и железобетон, 2013, № 6. С. 20-24.
  3. Khalifa A., Belarbi A., Nanni A. Shear performance of RC members strengthened with externally bonded FRP wrap // Proceedings of 12th World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand, Jan 30-Feb 04, 2000. pp. 305-315.
  4. Hutchinson A. R., and Rahimi, H (1996). Flexural strengthening of concrete beams with externally bonded FRP reinforcement // Proc., 2nd Int. conf. on Advanced compos.mat.in bridges and struct.(ACMBS). pp. 519-526.
  5. Horiguchi T., Saeki N., Ritchie P.A. Effect of test methods and quality of concrete on bond strength of CFRP sheet external reinforcement of concrete beams using fiber // Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Conference. Japan, 2001. V.1. P. 265 - 270.
  6. Костенко А.Н. Прочность и деформативность центрально и внецентренно сжатых кирпичных и железобетонных колонн, усиленных угле и стекловолокном // Автореферат. дисс. канд. техн. Наук, Москва, 2010. 26с.
  7. Польской П.П., Георгиев С.В. Влияние различных вариантов внешнего композитного армирования на жесткость гибких сжатых элементов // Инженерный вестник Дона, 2017, № 4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4826](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4826)
  8. Поднебесов П.Г. Результаты исследований прочности и деформативности железобетонных колонн, усиленных обоями // Градостроительство, реконструкция и инженерное обеспечение устойчивого развития городов Поволжья, 2015. С. 42-47.
-



9. Маяцкая И.А., Польской П.П., Георгиев С.В., Федченко А.Е. Применение углепластиковых ламелей при усилении строительных конструкций // Строительство и техногенная безопасность. 2018. № 12 (64). С. 33-38.
  10. Георгиев С.В., Меретуков З.А., Соловьева А. И. Сравнение методик усиления внешним армированием композитных материалов // Инженерный вестник Дона. 2021. №10. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2021/7221](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2021/7221)
  11. Чернявский В. Л., Хаютин Ю.Г., Аксельрод Е.З., Клевцов В.А., Фаткулин Н.В. Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами // ООО «ИнтерАква. 2006, 113с.
  12. Литвинов Н.М., Литвинов А.Г. Усиление и восстановление железобетонных конструкций // Стройиздат Наркомстроя, 1942, 96с.
  13. Михайлов В.В. Восстановление железобетонных конструкций с применением расширяющегося цемента // Стройиздат Наркомстроя -1945, 27с.
  14. Хаютин Ю.Г., Чернявский В.Л., Аксельрод Е.З. Ремонт и усиление железобетонных конструкций в зданиях из монолитного железобетона. // Проектирование и строительство монолитных многоэтажных жилых и общественных зданий, мостов и тоннелей. Сборник докладов. 2004 г., С. 195-197.
  15. Шилин А.А., Пшеничный В.А., Картузов Д.В. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами // Стройиздат, 2004, 144с.
  16. Георгиев С.В., Меретуков З.А., Соловьёва А.И. Исследование сжатых и изгибаемых железобетонных элементов, усиленных композитными материалами по новой методике // Инженерный вестник Дона. 2022. № 2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7469](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7469)
  17. Георгиев С.В., Соловьева А. И., Меретуков З.А. Сравнение методик усиления внешним армированием композитных материалов // Инженерный вестник Дона. 2022. №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7485](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7485)
-

## References

1. Gavrilova E.O. Akademicheskaja publicistika. 2021. № 8-2. PP. 111-119.  
Gavrilova E.O. Akademicheskaja publicistika. 2021. № 8-2. PP. 111-119.
2. Muhamediev T.A., Kuzevanov D.V. Beton i zhelezobeton, 2013, № 6. P. 20-24.
3. Khalifa A., Belarbi A., Nanni A. Shear performance of RC members strengthened with externally bonded FRP wrap. Proceedings of 12th World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand, Jan 30-Feb 04, 2000. pp.305-315.
4. Hussain M., Sharif A., Basunbul I.A., Baluch M.H. and AL Sulaimani G.J. Flexural behavior of precracked reinforced concrete beams strengthened externally by frp plates. ACI Struct.J., 92(1), pp.14-22.
5. Horiguchi T., Saeki N., Ritchie P.A. Effect of test methods and quality of concrete on bond strength of CFRP sheet external reinforcement of concrete beams using fiber. Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures Conference. Japan, 2001. V.1. P. 265-270.
6. Kostenko A.N. Prochnost' i deformativnost' central'no i vnecentrenno szhatyh kirpichnyh i zhelezobetonnyh kolonn, usilennyh ugle i steklovoloknom [Strength and deformability of centrally and eccentrically compressed brick and reinforced concrete columns reinforced with carbon and fiberglass]. Avtoreferat. diss. kand. tehn. Nauk, Moskva, 2010. p. 26.
7. Pol'skoj P.P., Georgiev S.V. Inzenernyj vestnik Dona, 2017, № 4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4826](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4826)
8. Podnebesov P.G. Gradostroitel'stvo, rekonstrukcija i inzhenernoe obespechenie ustojchivogo razvitija gorodov Povolzh'ja, 2015. PP. 42-47.
9. Majackaja I.A., Pol'skoj P.P., Georgiev S.V., Fedchenko A.E. Stroitel'stvo i tehnogennaja bezopasnost'. 2018. № 12 (64). PP. 33-38.



10. Georgiev S.V., Meretukov Z.A., Solov'eva A. I. Inzhenernyj vestnik Dona. 2021. №10. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2021/7221](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2021/7221)
11. Chernjavskij V. L. i dr. Rukovodstvo po usileniju zhelezobetonnyh konstrukcij kompozitnymi materialami [Composite Reinforcement Guide for Reinforced Concrete Structures]. OOO «InterAkva. 2006. 113 p.
12. Litvinov N.M., Litvinov A.G. Usilenie i vosstanovlenie zhelezobetonnyh konstrukcij [Strengthening and restoration of reinforced concrete structures]. Strojizdat Narkomstroja, 1942, 96 p.
13. Mihajlov V.V. Vosstanovlenie zhelezobetonnyh konstrukcij s primereniem rasshirjajushhegosja cementa [Restoration of reinforced concrete structures with expanding cement]. Strojizdat Narkomstroja -1945, 27p.
14. Hajutin Ju.G., Chernjavskij V.L., Aksel'rod E.Z. Proektirovanie i stroitel'stvo monolitnyh mnogojetazhnyh zhilyh i obshhestvennyh zdaniy, mostov i tonnelej. Sbornik dokladov. 2004 g., PP. 195 -197.
15. Shilin A.A., Pshenichnyj V.A., Kartuzov D.V. Usilenie zhelezobetonnyh konstrukcij kompozitnymi materialami [Reinforcement of reinforced concrete structures with composite materials]. Strojizdat, 2004, 144p.
16. Georgiev S.V., Meretukov Z.A., Solov'eva A. I., Inzhenernyj vestnik Dona. 2022. №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7485](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7485)
17. Georgiev S.V., Solov'eva A. I., Meretukov Z.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2022. №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7485](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2022/7485)