

## Разработка программного модуля для формирования чертежей и отчетов по результатам проверки прочности металлических конструкций в двумерной постановке

*С.Г. Глушко, Ю.Ю. Шатилов*

*Донской государственной технической университет*

**Аннотация:** Реализована задача разработки программного модуля, осуществляющего формирование выходных документов web-приложения для расчета стержневых металлических конструкций. Программный модуль реализован на платформе NET с использованием подключаемых библиотек Spire.Doc и netDxf. Разработанный модуль формирует текстовые отчеты в соответствии с СП 16.13330 и AutoCAD-совместимые чертежи. Возможность автоматизированной генерации отчетов позволяет более эффективно применять вычислительный комплекс в производстве.

**Ключевые слова:** проектирование в строительстве, стержневая конструкция, вычислительная система, web-разработка, отчет, чертеж.

Стержневыми называют конструкции, элементы которых имеют один линейный размер, значительно превышающий остальные. С точки зрения геометрии различают плоские и пространственные стержневые системы [1].

Автоматизация моделирования и расчета стержневых конструкций является актуальной задачей, так как ведет к повышению эффективности проектирования, снижению затрат и увеличению точности расчетов [2]. Оформление выходных данных автоматизированных систем в виде информативных и качественно оформленных отчетов позволяет более эффективно применять такие системы в производственном цикле организации.

В рамках исследования рассматриваются функционал и алгоритм работы подсистемы генерации отчетов web-сервиса SAPRUS [3], в которой реализовано формирование документов в следующих форматах:

- DOCX – стандартный формат текстовых документов Microsoft Word;
- DXF – открытый формат для обмена графической информацией в САПР, совместимый с AutoCAD [4].

Программный модуль реализован на платформе NET [5]. Для формирования текстовых отчетов используется подключаемая библиотека Spire.Doc – средство, предоставляющее возможность обработки и генерации документов в форматах DOCX и PDF на языке C#. Данная библиотека позволяет создавать объект документа, последовательно добавлять в него параграфы, таблицы, изображения, изменять все свойства элементов, доступные в Microsoft Word. В модуле формируется документ в формате XML, который затем конвертируется в DOCX и возвращается пользователю.

Отличительной чертой Spire.Doc является возможность добавления формул на языке LaTeX [6], что позволяет вывести в отчете подробности сложных математических расчетов.

Алгоритм формирования DOCX-документа представлен на рис. 1.

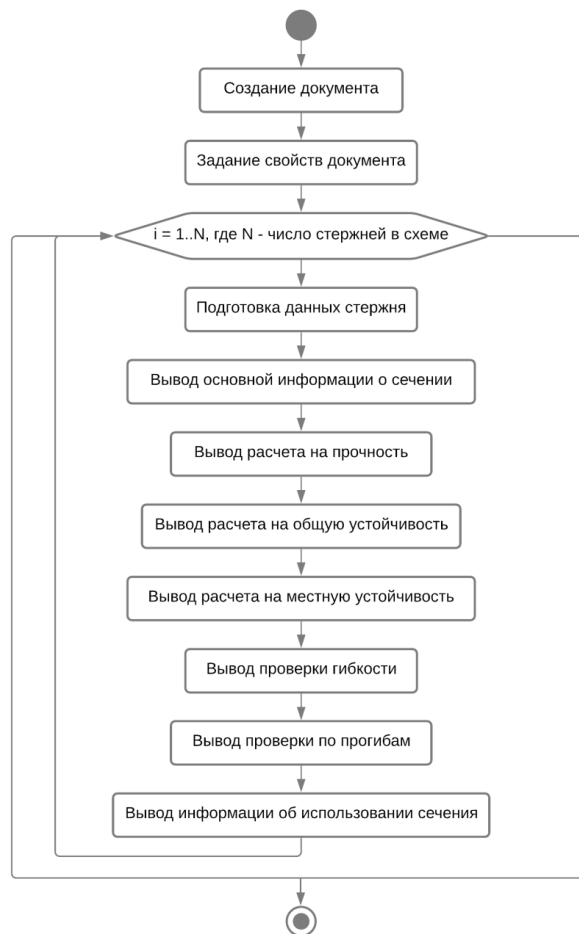


Рис. 1 – Блок-схема алгоритма формирования отчета

Расчеты и проверки, размещаемые в отчете, выполняются в соответствии с СП 16.13330. Предварительно с помощью метода конечных элементов рассчитываются внутренние усилия в конструкции. Вывод информации по каждому разделу осуществляется в соответствии требованиями к конкретному виду сечения и конструктивного элемента [7, 8, 9].

Пример документа в формате DOCX, сформированного программным модулем автоматизированной генерации отчетов, представлен на рис. 2.

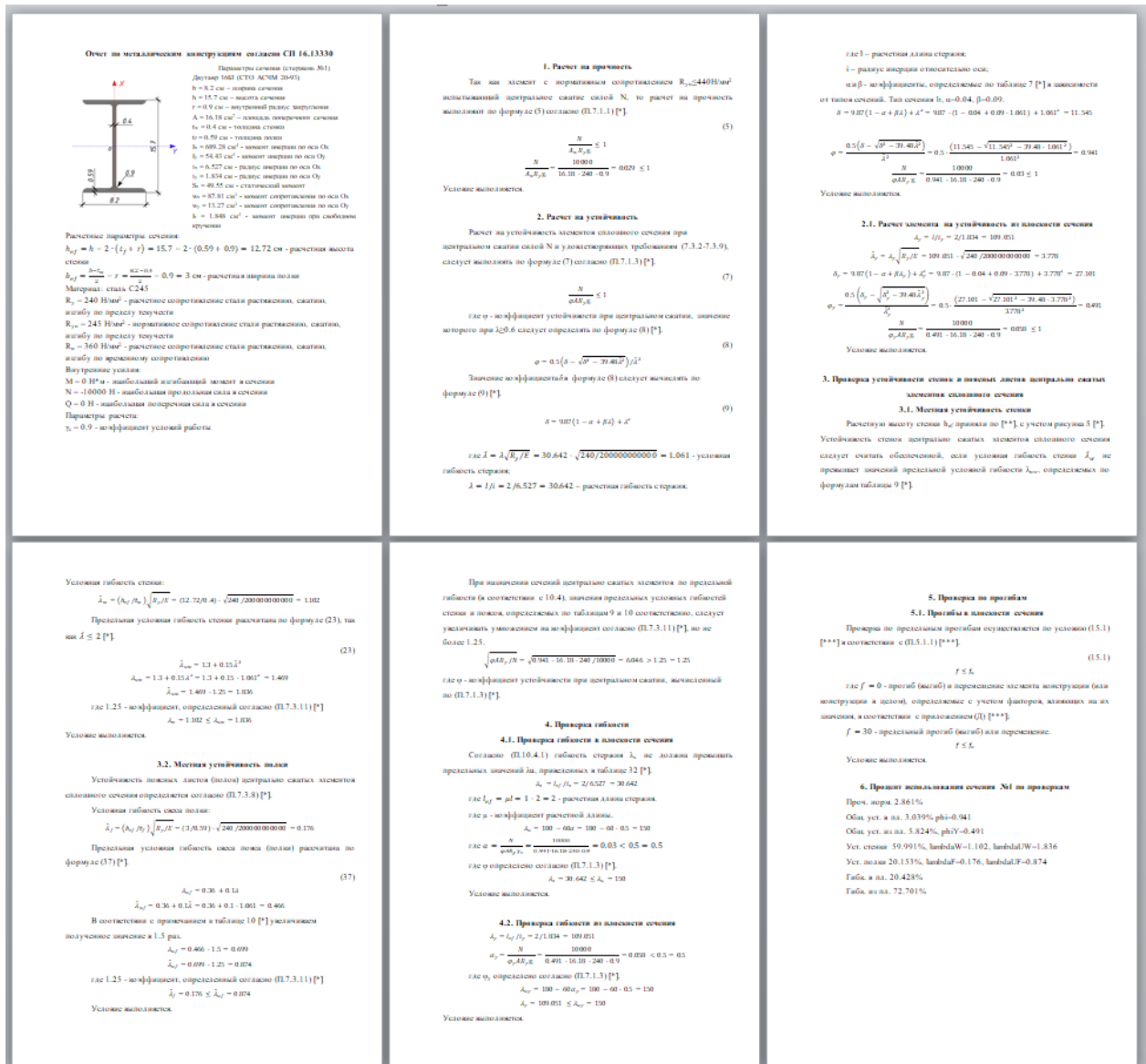


Рис. 2 – Отчет для стержневой металлической конструкции

В качестве средства для формирования DXF-чертежей используется библиотека с открытым исходным кодом netDxf. Данная библиотека позволяет воссоздать схему конструкции на чертеже с помощью линий, фигур, блоков, аннотаций и других элементов, доступных в AutoCAD и аналогах [10].

Алгоритм формирования DXF-чертежа представлен на рис. 3.

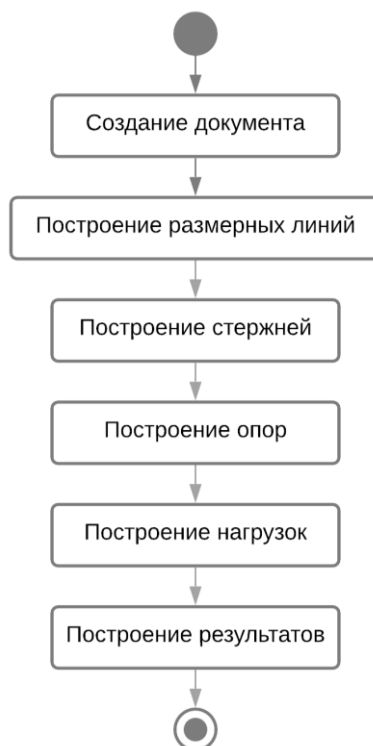


Рис. 3 – Блок-схема алгоритма формирования чертежа

На чертеже стержни представлены в виде линий; опоры, нагрузки и эпюры в виде блоков, состоящих из линий, примитивов, текстовых подписей и стрелок аннотаций. Блок «Построение результатов» состоит из клонирования схемы для построения отдельно эпюр продольных и поперечных сил, изгибающих моментов, а также деформированной схемы конструкции, где стержни представлены в виде сплайнов.

Примеры стержневых конструкций в интерфейсе приложения и соответствующих им DXF-чертежей, открытых с помощью nanoCAD, представлены на рис. 4 - 7.

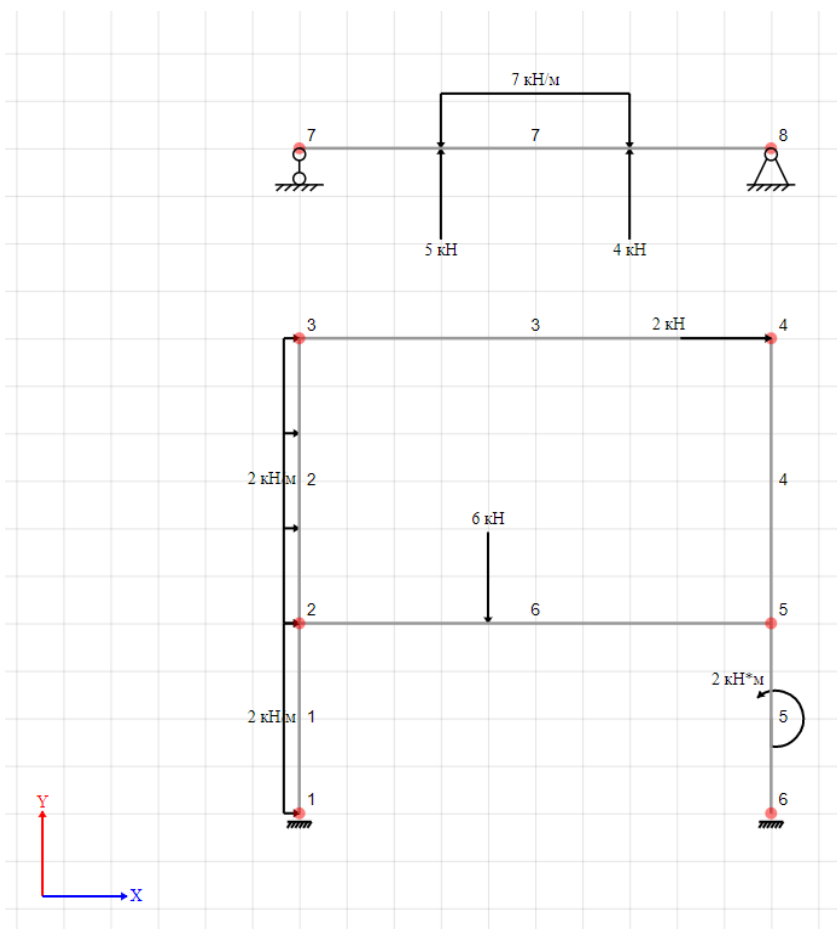


Рис. 4 – Стрежневая конструкция (рама) в интерфейсе приложения

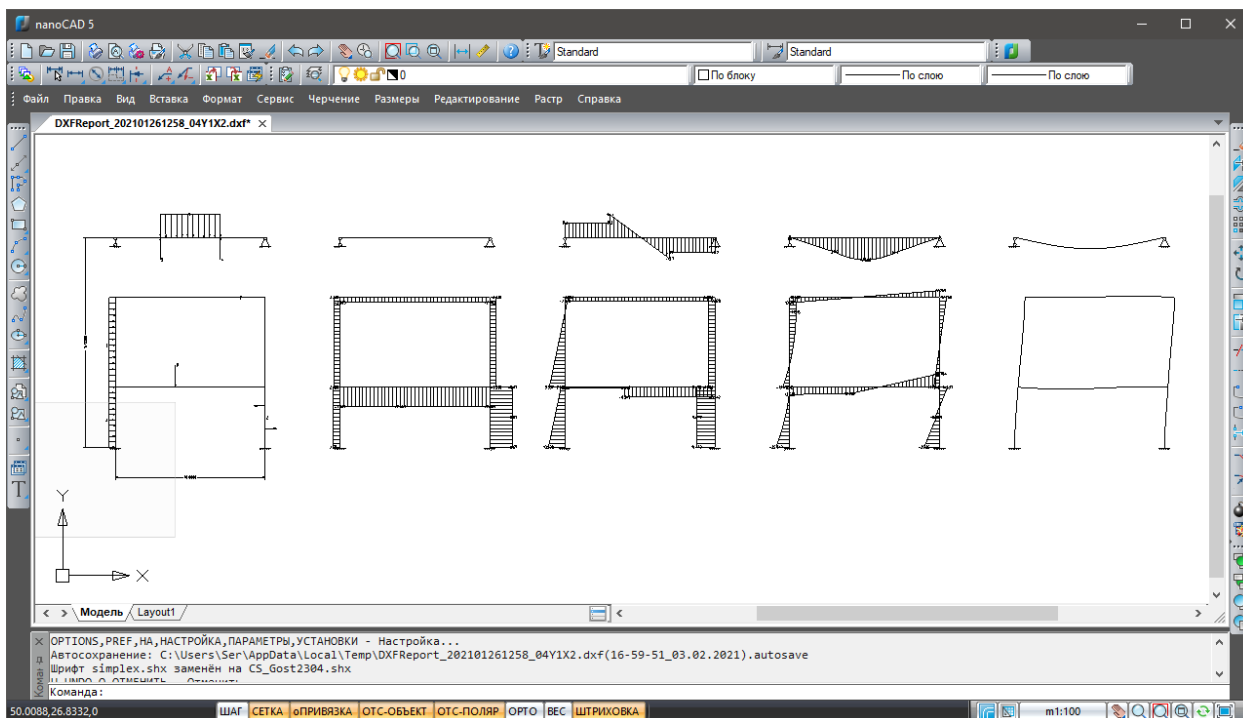


Рис. 5 – Просмотр чертежа рамы в nanoCAD

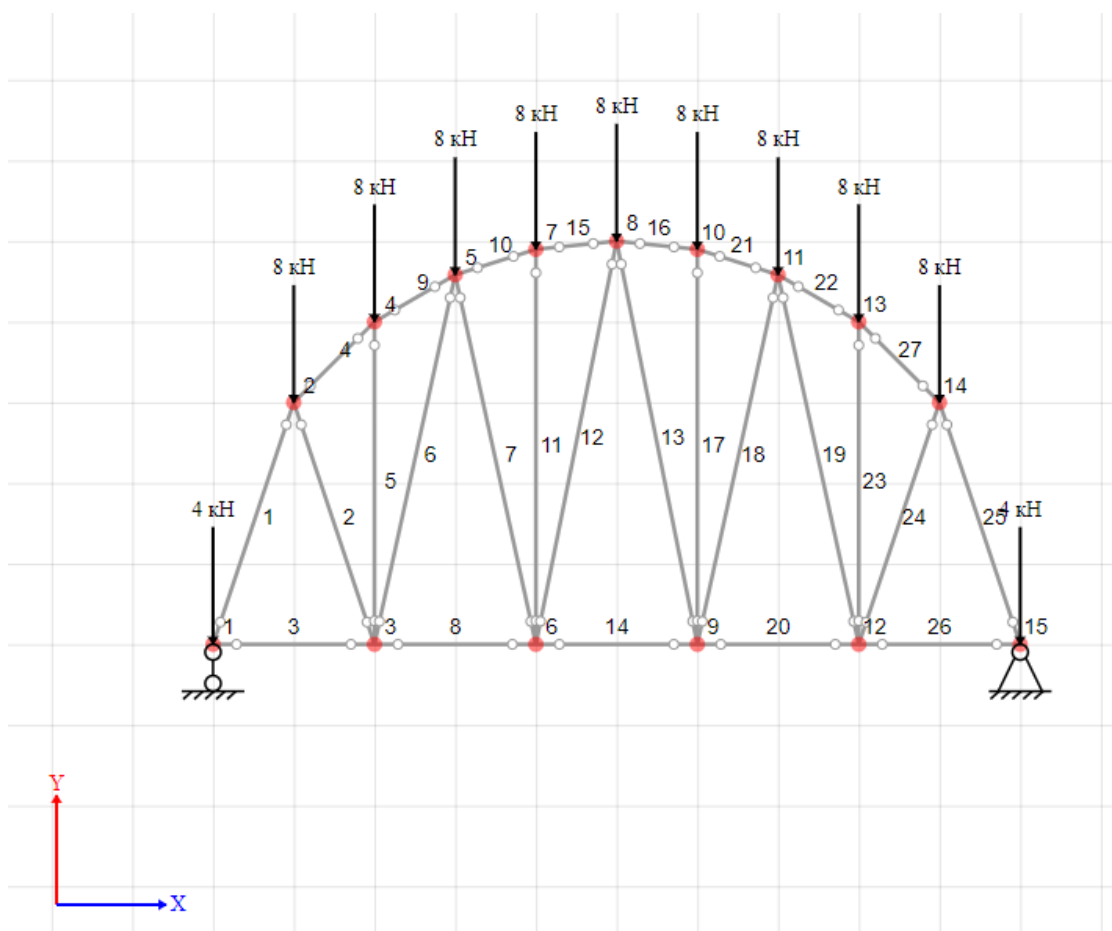


Рис. 6 – Стрежневая конструкция (ферма) в интерфейсе приложения

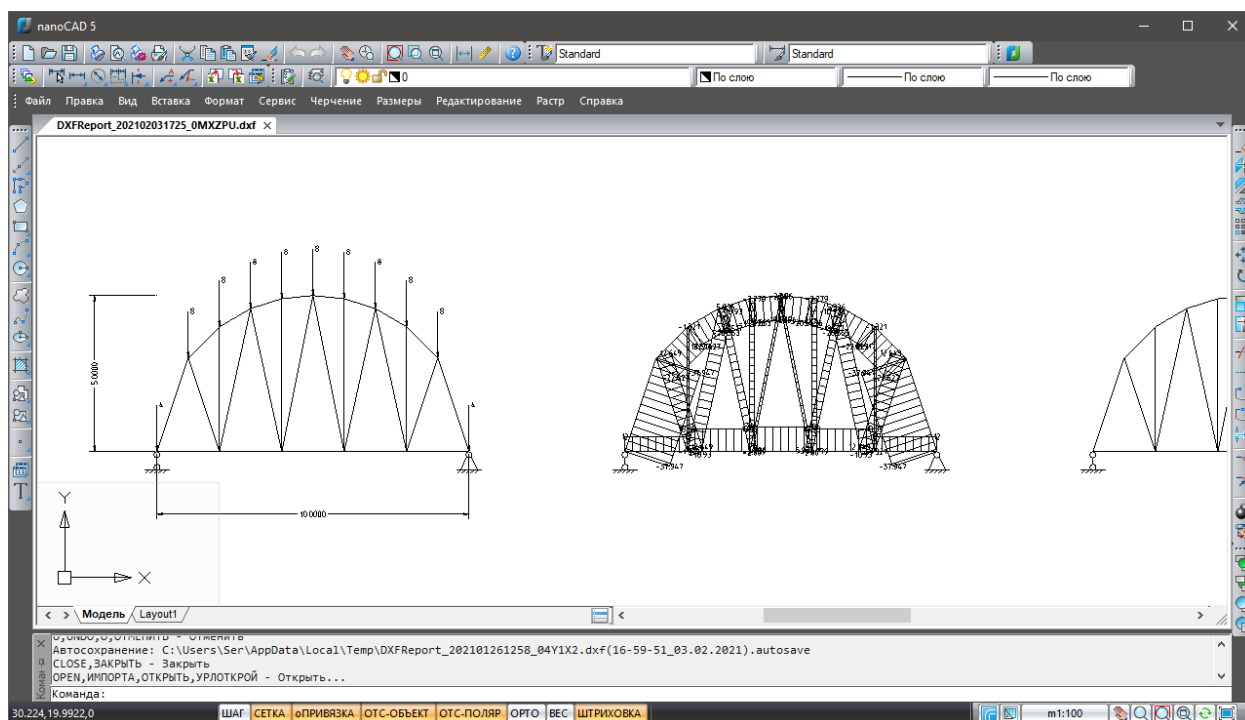


Рис. 7 – Просмотр чертежа фермы в nanoCAD



Использование данного программного модуля в рамках средства для расчета стержневых конструкций позволяет более эффективно внедрить автоматическое моделирование и расчет конструкций в производственный процесс путем генерации стандартных документов и чертежей. Формируемые документы могут быть полезны в профессиональной деятельности инженеров-проектировщиков и в работах студентов строительных специальностей.

### Литература

1. Дарков А.В., Шапошников Н.Н. Строительная механика. 12 изд. СПб.: Лань, 2010. 656 с.
  2. Васильев А.С., Суханов Ю.В. Некоторые тенденции развития систем моделирования эксплуатационных качеств изделий на ЭВМ и рынка этих систем // Инженерный вестник Дона, 2014, №2. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n2y2014/2366](http://ivdon.ru/magazine/archive/n2y2014/2366).
  3. SAPRUS // URL: [saprus.ru](http://saprus.ru) (дата обращения: 16.02.2021).
  4. Ковалева Н.В., Федорова А.В. AutoCAD в практике проектирования строительных объектов // Инженерный вестник Дона, 2018, №4. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2018/5393](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2018/5393).
  5. Chappel, D., 2006. Understanding.NET (2nd Edition): A Tutorial and Analysis. Addison-Wesley Professional, pp: 79-107.
  6. Балдин Е. М. Компьютерная типография LaTeX. СПб: БХВ-Петербург, 2008. 304 с.
  7. Галай В.С. Устойчивость стальных центрально сжатых стержней в методиках СП 16.13330.2011 и EN 1993-1-1 // AlfaBuild, 2019, №4. URL: [alfabuild.spbstu.ru/article/2019.11.6](http://alfabuild.spbstu.ru/article/2019.11.6) (дата обращения: 19.02.2021).
  8. Лавыгин Д.С., Леонтьев В.Л. Алгоритм смешанного метода конечных элементов решения задач теории стержней // Инженерный вестник Дона, 2013, №4. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/1910](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/1910).
-



9. Файбишенко В.К. Металлические конструкции. М.: Стройиздат, 1984. 336 с.

10. AutoCAD 2012 DXF Reference. URL: [images.autodesk.com/adsk/files/autocad\\_2012\\_pdf\\_dxf-reference\\_enu.pdf](https://images.autodesk.com/adsk/files/autocad_2012_pdf_dxf-reference_enu.pdf) (дата обращения: 16.02.2021).

### References

1. Darkov A.V., Shaposhnikov N.N. Stroitel'naya mekhanika. 12 izd [Structural Mechanics. Rev. 12]. SPb: Lan', 2010. 656 p.

2. Vasil'yev A.S., Sukhanov Yu.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2014, №2. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n2y2014/2366](http://ivdon.ru/magazine/archive/n2y2014/2366).

3. SAPRUS URL: [sprus.ru](http://sprus.ru) (accessed 16.02.2021).

4. Kovaleva N.V., Fedorova A.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, №4. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2018/5393](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2018/5393).

5. Chappel, D., 2006. Understanding.NET (2nd Edition): A Tutorial and Analysis. Addison-Wesley Professional, pp: 79-107.

6. Baldin E. M. Komp'yuternaya tipografiya LaTeX [Computer Typesetting using LaTeX]. SPb.: BHV-Petersburg, 2008. 304 p.

7. Galay V.S. AlfaBuild, 2019, №4 URL: [alfabuild.spbstu.ru/article/2019.11.6](http://alfabuild.spbstu.ru/article/2019.11.6) (accessed 19.02.2021).

8. Lavygin D.S., Leont'yev V.L. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №4. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/1910](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/1910).

9. Faybishenko V.K. Metallicheskiye konstruktsii [Metal constructions]. M.: Stroyizdat, 1984. 336 p.

10. AutoCAD 2012 DXF Reference. URL: [images.autodesk.com/adsk/files/autocad\\_2012\\_pdf\\_dxf-reference\\_enu.pdf](https://images.autodesk.com/adsk/files/autocad_2012_pdf_dxf-reference_enu.pdf) (accessed 16.02.2021).