

TOMASHOVA Viktoria Andreevna – Master’s Degree Student of the Department of Structures and Constructions, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: tomashova3@gmail.com

CITATION FOR AN ARTICLE

Barkaya T.R., Subbotin S.L., Chernokozheva L.S., Tomashova V.A. Computer modeling issues of design sections of effective forms of floors // Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology». 2024. No. 2 (22), pp. 5–12.

УДК 004.415

АНАЛИЗ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СЕЧЕНИЙ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

Т.Р. Баркая, С.Л. Субботин, В.А. Томашова, Л.С. Чернокожева
Тверской государственный технический университет (г. Тверь)

© Баркая Т.Р., Субботин С.Л.,
Томашова В.А., Чернокожева Л.С., 2024

Аннотация. Рассмотрена возможность реализации автоматизированного построения эпюры материалов для изгибаемых железобетонных линейных элементов. Предложена методика, позволяющая формировать графики действующих и предельных изгибающих моментов, распределенных по длине статически неопределимых балок. Приведены результаты сравнительного анализа со значениями, полученными с помощью программно-вычислительного комплекса SCAD Office.

Ключевые слова: эпюра, изгибающий момент, автоматизация, железобетонные конструкции, эпюра арматуры, эпюра материалов.

DOI: 10.46573/2658-7459-2024-2-12-18

ВВЕДЕНИЕ

Экономия материалов при проектировании строительных конструкций за счет повышения точности расчетов всегда являлась одной из основных инженерных задач. Важно реализовать это без потери скорости проектирования. Все чаще здесь отдают предпочтение автоматизации путем применения программных средств.

Оптимально подобранным армированием можно считать такое, при котором несущая способность сечения задействована полностью. Это можно выразить через коэффициент использования – отношение предельного значения величины момента к значению действующего. По длине железобетонного элемента изгибающий момент различен, поэтому назначение единого армирования по участку с его максимальным значением приведет к перерасходу арматуры на остальных участках. Перед проектировщиком ставится задача назначения армирования с учетом экономии арматуры и целесообразности в свете технологичности и трудоемкости.

Эпюра материалов (в литературе встречается также термин «эпюра арматуры» [1, 2]) отражает обеспеченность несущей способности в расчете по нормальным или наклонным сечениям. Другими словами, это графическое представление коэффициента использования по моменту. Но, кроме того, по таким графикам также можно определить точки теоретического обрыва стержней, которые, в свою очередь, обуславливают начало участка анкеровки арматурного стержня.

Анализ несущей способности сечений железобетонных изгибаемых элементов показывает, что эпюра материалов позволяет повысить качество принятых решений, касающихся армирования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При расчете и выводе эпюры материалов в таком сателлите SCAD Office, как «Арбат» [3], были обнаружены некоторые ограничения для применения при решении указанных выше задач.

Во-первых, не реализована возможность установки арматуры в стенку тавра, а при автоматической установке в полку не выполняется требование по величине защитного слоя, если ее высота невелика (рис. 1).

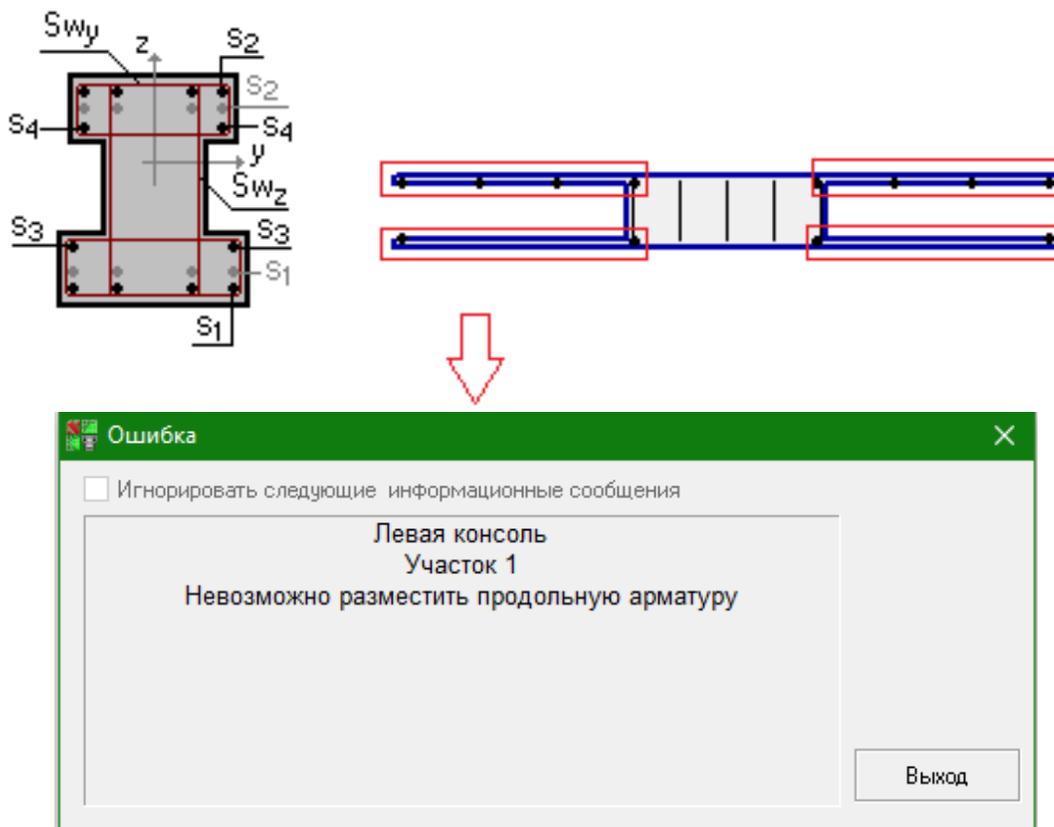


Рис. 1. Сообщение об ошибке размещения арматуры при расчете в программно-вычислительном комплексе SCAD Office

Во-вторых, имеется несоответствие эпюры материалов и результатов расчета (коэффициента использования по моменту). Согласно руководству SCAD Office [3], эпюра

материалов строится исходя из того, что коэффициент надежности по нагрузке равен 1,1, а коэффициент длительной части – 1. Предположительно, на участках, где определяющим критерием становится ширина раскрытия трещин, на эпюре материалов в качестве несущей способности отображается момент от нормативной, а не расчетной нагрузки (рис. 2).

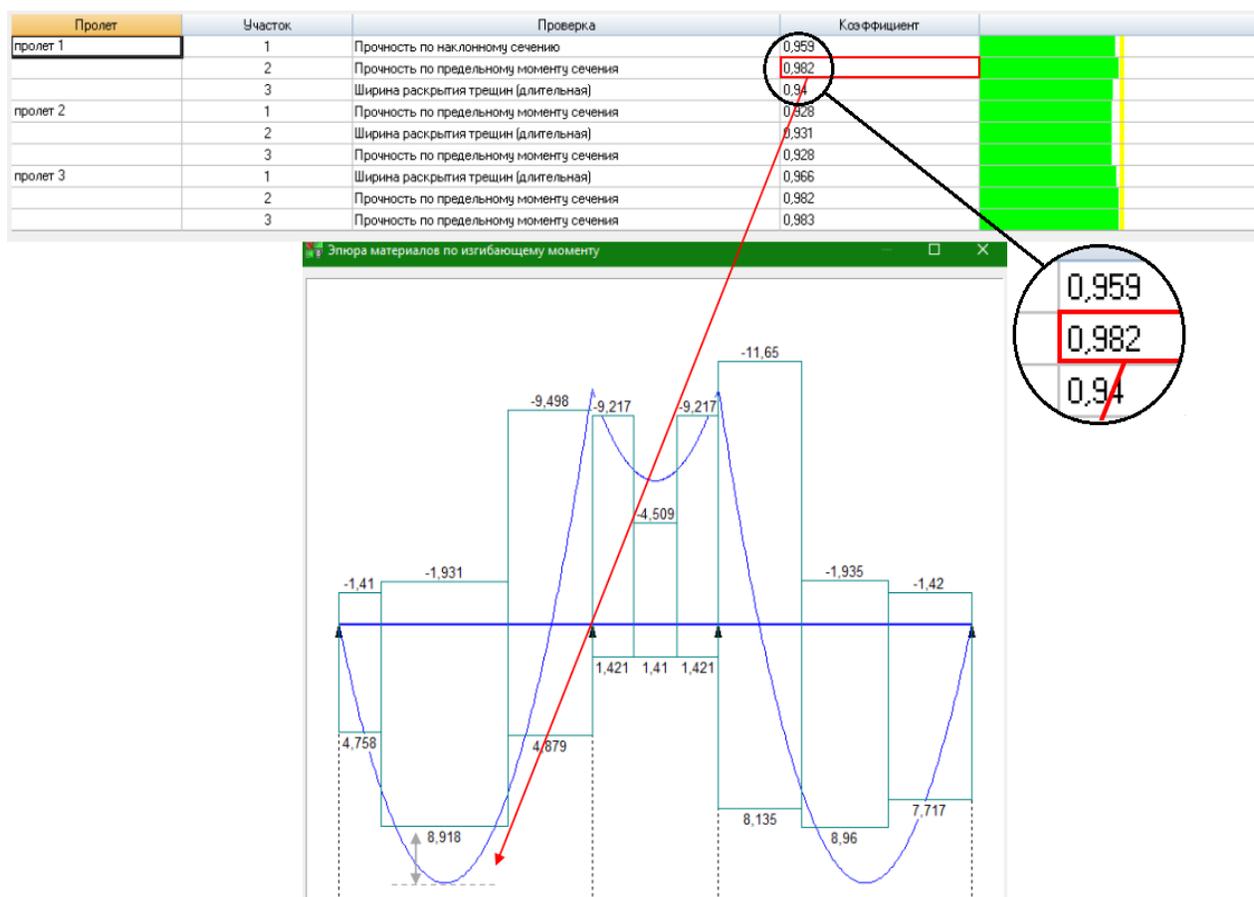


Рис. 2. Ошибка в построении эпюры материалов, полученной в сателлите SCAD Office («Арбате»)

Проблемы расчета, описанные выше, подтверждают необходимость разработки программного средства, позволяющего получить корректную эпюру материалов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На языке программирования Python с использованием библиотек Matplotlib и Tkinter, модуля Ruyplot с применением монолитной архитектуры [4, 5] реализован алгоритм статического расчета и определения соответствующей несущей для трех схем неразрезных балок (двух-, трех- и семипролетной) с крайними консольными пролетами.

Сформированные программой графики, соответствующие эпюре вычисленных изгибающих моментов, изображены на рис. 3. Для определения графика функции для каждого пролета был применен метод сил.

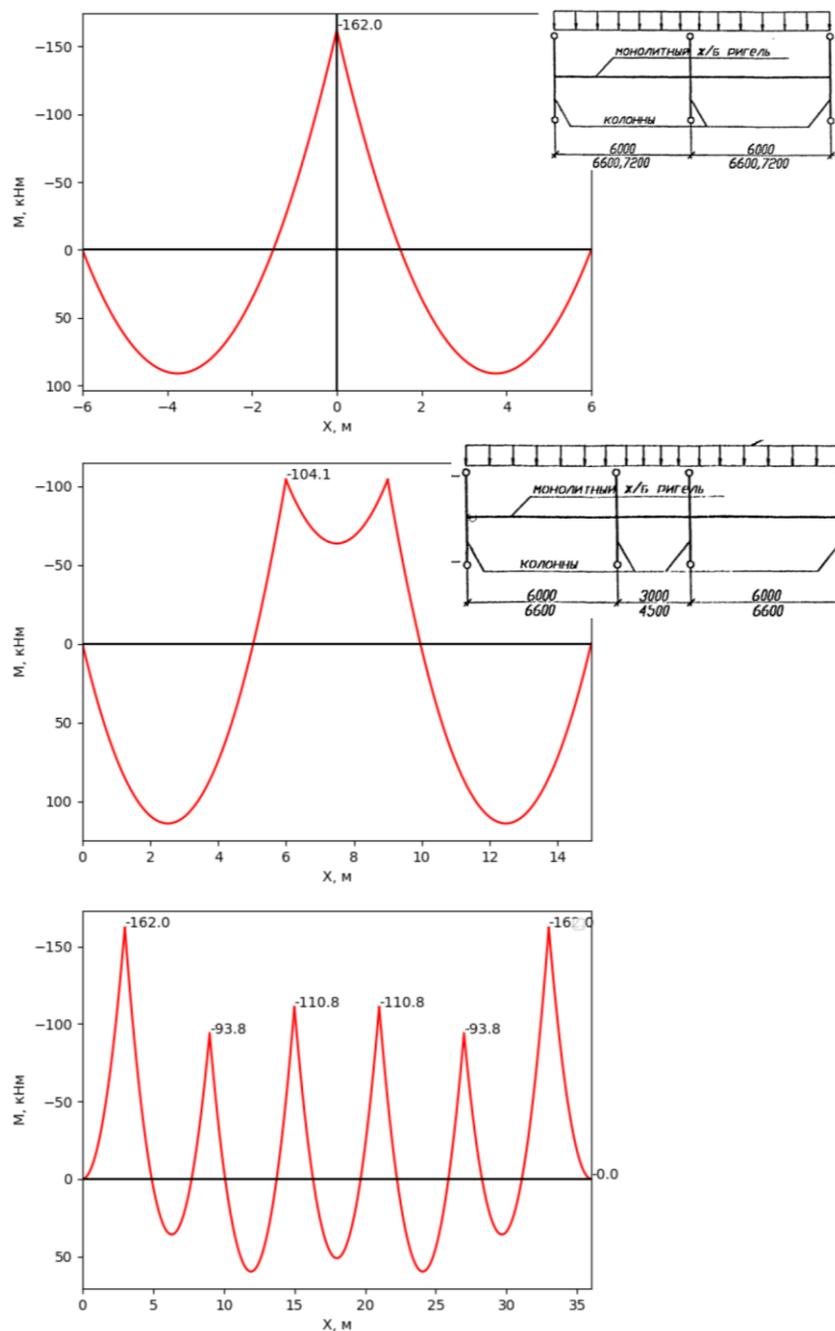


Рис. 3. Эпюры действующих изгибающих моментов по результатам расчета тестовой модели

Для отображения значения моментов, которые могут быть восприняты балкой в расчетном сечении, использовалась стандартная методика расчета сечений изгибаемых железобетонных элементов [6].

В ходе проверки сходимость с контрольными примерами, приведенными в пособии к СП 52-101-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры», а именно примерами 6 и 9 для прямоугольного и таврового

сечения соответственно [7], погрешность составила менее 5 % из-за отличия табличного значения расчетного сопротивления арматуры от величины, содержащейся в действующих нормах [6].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При зеркальном наложении эпюр материалов, полученных двумя способами (с помощью программной реализации предлагаемого алгоритма и на основе сателлита программно-вычислительного комплекса SCAD Office «Арбат»), можно отметить хорошее соответствие численных результатов (рис. 4).

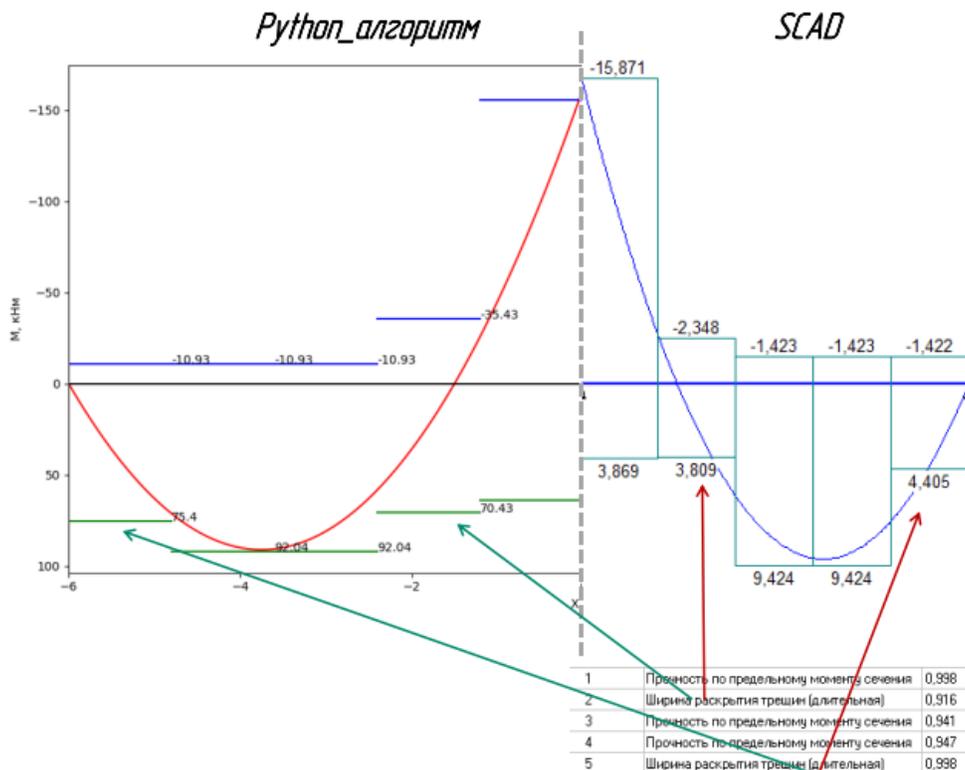


Рис. 4. Эпюры материалов (сравнение)

Соответствие выражено совпадением коэффициентов использования, полученных с помощью лицензионного программного продукта и графика, построенного при помощи первого способа. Представляется перспективным включение подобных модулей в стандартный набор сателлитов программ различных и широко используемых программно-вычислительных комплексов, таких как SCAD Office и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции. Общий курс. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1991. 767 с.
2. Красный Н.С., Дзюба В.А. Расчет эпюры материалов с учетом конструктивной арматуры в сжатой зоне. *Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия: Материалы X Международной научно-практической конференции молодых ученых: в 2 ч.*

- /редкол.: О.Е. Сысоев (отв. ред.) [и др.]. Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2023. Ч. 1. С. 237–239.
3. Карпиловский В.С., Криксунов Э.З., Маляренко А.А., Перельмутер А.В., Перельмутер М.А., Фиалко С.Ю. SCAD Office. Версия 21. Вычислительный комплекс SCAD++. М.: СКАД СОФТ, 2015. 848 с.
4. Акишин Б.А. Использование возможностей среды программирования Python при изучении математических дисциплин в техническом вузе // *Электронные библиотеки*. 2020. Т. 23. № 1-2. С. 6–13.
5. Бастрон А.А. Решение задач на оптимальное соотношение на языке Python 3.X с использованием математического пакета Scipy. *Наука, инновации, образование: актуальные вопросы XXI века: Сборник статей IV Международной научно-практической конференции, Пенза, 10 декабря 2022 года*. Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2022. С. 15–21.
6. СП 63.13330.2018. *Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения* / ред. Т.А. Мухамедиев [и др.]. М.: Минстрой России, 2018. 138 с.
7. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101-2003). М.: ОАО «ЦНИИПромзданий», 2005. 304 с. URL: http://www.inexpro.su/dat/codes_doc_405.pdf (дата обращения: 23.06.2024).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- БАРКАЯ Темур Рауфович* – кандидат технических наук, заведующий кафедрой конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, Россия, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22. E-mail: btrs@list.ru
- СУББОТИН Сергей Львович* – доктор технических наук, профессор кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, Россия, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22. E-mail: sbtn@yandex.ru
- ТОМАШОВА Виктория Андреевна* – магистрант кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, Россия, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22. E-mail: tomashova3@gmail.com
- ЧЕРНОКОЖЕВА Любовь Сергеевна* – магистрант кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, Россия, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22. E-mail: Luba-99-Tcher-8790@mail.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

- Баркая Т.Р., Субботин С.Л., Томашова В.А., Чернокожева Л.С. Анализ несущей способности сечений изгибаемых железобетонных элементов с применением программных средств // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии». 2024. № 2 (22). С. 12–18.

**ANALYSIS OF LOAD CAPACITY OF SECTIONS OF BENDING REINFORCED
CONCRETE ELEMENTS USING SOFTWARE TOOLS**

*T.R. Barkaya, S.L. Subbotin,
V.A. Tomashova, L.S. Chernokozheva
Tver State Technical University (Tver)*

Abstract. The possibility of implementing an automated plotting of materials for bent reinforced concrete linear elements is considered. A technique is proposed that allows the formation of graphs of acting and limiting bending moments distributed along the length of statically indeterminate beams. The results of a comparative analysis with the values obtained using the SCAD Office software and computing complex are presented.

Keywords: diagram, bending moment, automation, reinforced concrete structures, reinforcement diagram, materials diagram.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

BAR KAYA Temur Raufovich – Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Structures and Constructions, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: btrs@list.ru

SUBBOTIN Sergey Lvovich – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Structures and Constructions, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: sbtn@yandex.ru

TOMASHOVA Viktoria Andreevna – Master’s Degree Student of the Department of Structures and Constructions, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: tomashova3@gmail.com

CHERNOKOZHEVA Lyubov Sergeevna – Master’s Degree Student of the Department of Structures and Constructions, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: Luba-99-Tcher-8790@mail.ru

CITATION FOR AN ARTICLE

Barkaya T.R., Subbotin S.L., Tomashova V.A., Chernokozheva L.S. Analysis of load capacity of sections of bending reinforced concrete elements using software tools // Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology». 2024. No. 2 (22), pp. 12–18.