

СТРОИТЕЛЬСТВО, АРХИТЕКТУРА

doi: 10.51639/2713-0576_2026_6_2_101

Научная статья

УДК 614.839.52

ГРНТИ 67.11.35, 67.11.31

ВАК 2.1.1

Расчёт конструкции кровельной фермы в торгово-развлекательном центре «Красная площадь» с помощью онлайн - калькуляторов

Максим Викторович Кривошеев¹, Светлана Сергеевна Юсупова^{2*},
Владислав Алексеевич Власенко³, Александр Васильевич Картыгин⁴

Филиал ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова» в г. Новороссийске,
Новороссийск, Россия

¹maksim.krivosheev.2015@mail.ru, ^{2*}Svetlana-svetli4na@mail.ru,

³volff673481@gmail.com, ⁴aleksandr-kartygin@yandex.ru

Аннотация

Расчет строительных конструкций в современном мире является сложным и трудоемким процессом, включающим в себя учет всех нагрузок, материалов и геометрических особенностей конструкций.

Ключевые слова: строительные конструкции, расчет строительных конструкций, статически определяемая геометрически неизменяемая ферма, онлайн – калькуляторы, специализированные компьютерные программы.

Одной из важных проблем при эксплуатации строительных конструкций является их безопасность. Такие проблемы, как обрушение крыш и фасадов, происходят из-за неправильной эксплуатации или неправильных расчетов, последствиями которых является превышение расчетных нагрузок, приводящих к аварийным последствиям.

Ниже приведены некоторые примеры неправильной эксплуатации и расчетов, которые привели к аварийным последствиям (Рис. 1 – 4) [1-4].



Рисунок 1 – Обрушение кровли цеха из-за наледи и снеговой нагрузки в г. Узловая



Рисунок 2 – Обрушение кровли здания катка ЦСКА в г. Москве



Рисунок 3 – Обрушение крыши
«Бауцентра» в г. Краснодаре



Рисунок 4 – обрушение крыши
аквапарка в г. Москве

В данной работе сравниваются результаты расчета в специализированных компьютерных программах для статически определимой геометрически неизменяемой фермы.

Повсеместное распространение информационно-коммуникационных (ИКТ) и сетевых технологий, наблюдающееся сегодня во всех сферах нашей жизни, напрямую затрагивает и процессы в образовательной сфере [5, 6].

Использование специализированных компьютерных программ повысило эффективность и точность проектирования, сделав его неотъемлемой частью современной деятельности [5, 6].

Задачей данной работы является проведение проверочных расчётов металлической несущей фермы в конструкции покрытия торгово-развлекательного центра «Красная площадь», чтобы удостовериться в безопасности и долговечности при самых экстремальных погодных условиях [7].

Для проведения расчетов использовались специализированные инструменты - «SOPROMATGURU» и «SOPROMAT.ORG», которые позволяют эффективно и точно выполнять расчеты статически определимых геометрически неизменяемых конструкций.

Сайт представляет результаты расчета в виде таблиц и графических схем, позволяя анализировать усилия в элементах рамы, определять напряжения и деформации в критических точках конструкции [8].

Однако «SOPROMATGURU» предоставляет платный доступ к опциям сайта, что является недостатком сайта. Так же недостатками являются ограничения по моделированию геометрически сложных конструкций и отсутствие возможности моделирования нелинейных эффектов, например, учет пластических деформаций.

Несмотря на некоторые ограничения, сайт «SOPROMATGURU» является полезным инструментом для студентов, инженеров и других специалистов, занимающихся расчетом ферменных конструкций. Он может быть использован для быстрого получения предварительной оценки усилий в элементах фермы и определения критических зон при конструировании [9].

Визуализация результатов расчета металлических конструкций с помощью инструмента «SOPROMATGURU» (Рис. 5, 6).



Рисунок 5 – Рассчитываемая ферма

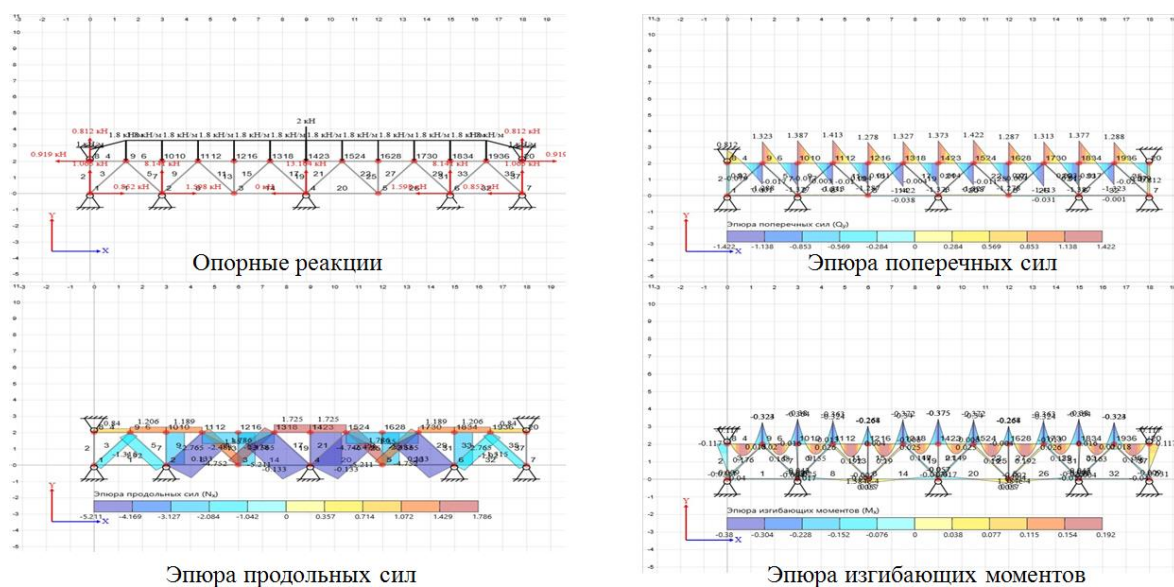


Рисунок 6 – Расчетные схемы

Таблица 1- Значение опорных реакций.

№ узла	Тип опорного закрепления	Значения
1	Неподвижный шарнир	$R_1 = 1.065$ (кН), $H_1 = 0.852$ (кН), $M_1 = 0$ (кН*м)
2	Неподвижный шарнир	$R_2 = 8.141$ (кН), $H_2 = 1.598$ (кН), $M_2 = 0$ (кН*м)
4	Неподвижный шарнир	$R_4 = 13.164$ (кН), $H_4 = -9.014$ (кН), $M_4 = 0$ (кН*м)
6	Неподвижный шарнир	$R_6 = 8.141$ (кН), $H_6 = -1.598$ (кН), $M_6 = 0$ (кН*м)
7	Неподвижный шарнир	$R_7 = 1.065$ (кН), $H_7 = -0.852$ (кН), $M_7 = 0$ (кН*м)
8	Неподвижный шарнир	$R_8 = 0.812$ (кН), $H_8 = -0.919$ (кН), $M_8 = 0$ (кН*м)
20	Неподвижный шарнир	$R_{20} = 0.812$ (кН), $H_{20} = 0.919$ (кН), $M_{20} = 0$ (кН*м)

где R – вертикальная составляющая опорной реакции, H – горизонтальная составляющая опорной реакции, M – изгибающий момент.

Таблица 2- Распределение усилий в стержнях фермы.

№ стержня	Q, начало (кН)	Q, конец (кН)	Q, max (кН)	N, начало (кН)	N, конец (кН)	N, max (кН)	M, начало (кН*м)	M, конец (кН*м)	M, max (кН*м)
1	0.001	0.001	0.001	0	0	0	-0.009	-0.006	0.009
2	-0.079	-0.079	0.079	0	0	0	0.04	-0.117	0.117
3	0.02	0.02	0.02	-1.315	-1.315	1.315	-0.031	0.02	0.031
4	0.812	-1.288	1.288	0.84	0.84	0.84	-0.117	-0.324	0.324
5	-0.017	-0.017	0.017	-1.92	-1.92	1.92	0.018	-0.025	0.025
6	1.323	-1.377	1.377	1.206	1.206	1.206	-0.323	-0.364	0.364
7	-0.017	-0.017	0.017	-2.765	-2.765	2.765	0.017	-0.016	0.017
8	0.031	0.031	0.031	0.133	0.133	0.133	-0.043	0.05	0.05
9	-0.003	-0.003	0.003	-4.752	-4.752	4.752	-0.004	-0.013	0.013
10	1.387	-1.313	1.387	1.189	1.189	1.189	-0.38	-0.324	0.38
11	-0.01	-0.01	0.01	1.35	1.35	1.35	0.026	-0.04	0.026
12	1.413	-1.287	1.413	-2.483	-2.483	2.483	-0.363	-0.268	0.363
13	0.004	0.004	0.004	-2.565	-2.565	2.565	-0.004	0.004	0.004
14	-0.038	-0.038	0.038	-0.133	-0.133	0.133	0.057	-0.057	0.057
15	0.011	0.011	0.011	1.786	1.786	1.786	-0.002	0.025	0.025
16	1.278	-1.422	1.422	-2.478	-2.478	2.478	-0.264	-0.372	0.372
17	-0.004	-0.004	0.004	-5.211	-5.211	5.211	-0.006	-0.017	0.017
18	1.327	-1.373	1.373	1.725	1.725	1.725	-0.34	-0.375	0.375
19	0	0	0	-4.746	-4.746	4.746	0	0	0
20	0.038	0.038	0.038	-0.133	-0.133	0.133	-0.057	0.057	0.057
21	0.004	0.004	0.004	-5.211	-5.211	5.211	-0.017	-0.006	0.017
22	-0.011	-0.011	0.011	1.786	1.786	1.786	0.025	-0.002	0.025
23	1.373	-1.327	1.373	1.725	1.725	1.725	-0.375	-0.34	0.375
24	1.422	-1.278	1.422	-2.478	-2.478	2.478	-0.372	-0.264	0.372
25	-0.004	-0.004	0.004	-2.565	-2.565	2.565	0.004	-0.004	0.004
26	-0.031	-0.031	0.031	0.133	0.133	0.133	0.05	-0.043	0.05
27	0.01	0.01	0.01	1.35	1.35	1.35	-0.04	0.026	0.026
28	1.287	-1.413	1.413	-2.483	-2.483	2.483	-0.268	-0.363	0.363
29	0.003	0.003	0.003	-4.752	-4.752	4.752	-0.013	-0.004	0.013
30	1.313	-1.387	1.387	1.189	1.189	1.189	-0.324	-0.38	0.38
31	0.017	0.017	0.017	-2.765	-2.765	2.765	-0.017	0.016	0.017
32	-0.001	-0.001	0.001	0	0	0	-0.006	-0.009	0.009
33	0.017	0.017	0.017	-1.92	-1.92	1.92	-0.025	0.018	0.025
34	1.377	-1.323	1.377	1.206	1.206	1.206	-0.364	-0.323	0.364
35	-0.02	-0.02	0.02	-1.315	-1.315	1.315	0.02	-0.031	0.031
36	1.288	-0.812	1.288	0.84	0.84	0.84	-0.324	-0.117	0.324
37	0.079	0.079	0.079	0	0	0	-0.04	0.117	0.117

Для проведения последующего расчета мы воспользовались инструментом «SOPROMAT.ORG».

Сайт представляет расчет конструкций в виде графиков.

В ходе последнего расчета статически определимой, геометрически неизменяемой фермы с помощью онлайн-калькулятора SOPROMAT.ORG были определены реакции опор и распределение усилий во всех стержнях. Модель принималась как линейно-упругая с шарнирными узлами и малыми перемещениями.

Результаты расчета металлических конструкций с помощью инструмента «SOPROMAT.ORG» приведены в виде графиков (Рис. 7).

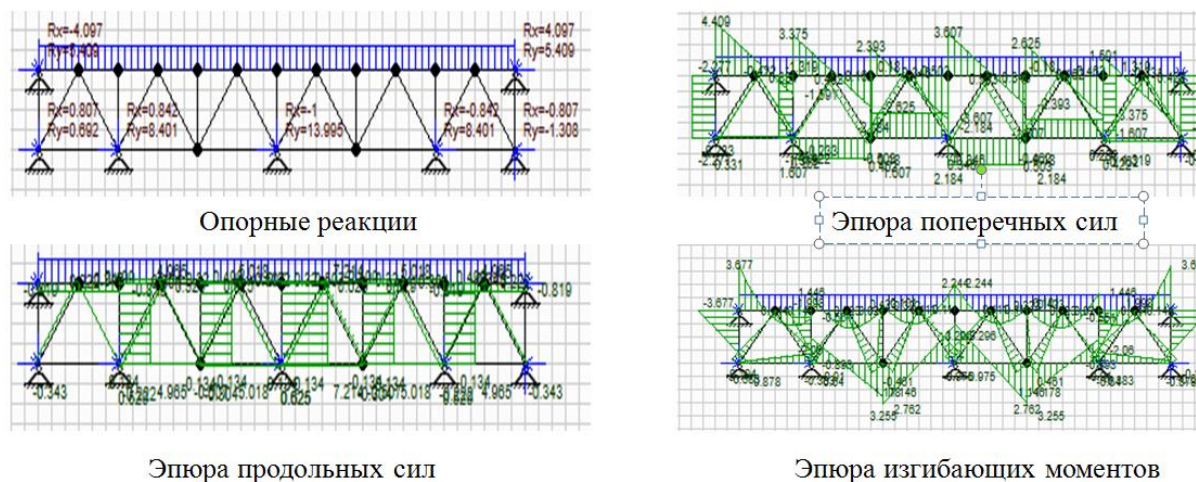


Рисунок 7 – Результаты расчета

Таблица 3 - Значение опорных реакций.

№ узла	Тип опорного закрепления	Значения
1	Неподвижный шарнир	$R_1 = 1.065$ (кН), $H_1 = 0.852$ (кН), $M_1 = 0$ (кН*м)
2	Неподвижный шарнир	$R_2 = 8.141$ (кН), $H_2 = 1.598$ (кН), $M_2 = 0$ (кН*м)
4	Неподвижный шарнир	$R_4 = 13.164$ (кН), $H_4 = -9.014$ (кН), $M_4 = 0$ (кН*м)
6	Неподвижный шарнир	$R_6 = 8.141$ (кН), $H_6 = -1.598$ (кН), $M_6 = 0$ (кН*м)
7	Неподвижный шарнир	$R_7 = 1.065$ (кН), $H_7 = -0.852$ (кН), $M_7 = 0$ (кН*м)
8	Неподвижный шарнир	$R_8 = 0.812$ (кН), $H_8 = -0.919$ (кН), $M_8 = 0$ (кН*м)
20	Неподвижный шарнир	$R_{20} = 0.812$ (кН), $H_{20} = 0.919$ (кН), $M_{20} = 0$ (кН*м)

Расчет в «SOPROMAT.ORG» позволил уточнить определенные усилия и реакции в ферме и выявить элементы, требующие проверки или коррекции. При выполнении вышеуказанных рекомендаций конструкция может быть принята как работоспособная при заданных нагрузках.

Данные расчеты имеют важное значение для обеспечения безопасной и надежной эксплуатации строительных конструкций торгово-развлекательных центров. Проведенные расчеты и анализ позволяют определить оптимальные параметры несущей фермы, что способствует повышению ее прочности, долговечности и устойчивости к различным нагрузкам.

Использование современных программных средств повышает точность и эффективность проектных решений, сокращает время разработки и снижает риск ошибок. В итоге, такие исследования способствуют созданию более безопасных и экономически эффективных строительных объектов, что важно для обеспечения комфорта и безопасности посетителей и арендаторов центра. [7]

На основании всего вышеперечисленного можно сделать вывод: современные онлайн-калькуляторы позволяют оптимизировать расчет конструкций.

Таблица 4 - Результаты расчета.

№ стержня	Q, начало (кН)	Q, конец (кН)	Q, max (кН)	N, начало (кН)	N, конец (кН)	N, max (кН)	M, начало (кН*м)	M, конец (кН*м)	M, max (кН*м)
1	0.001	0.001	0.001	0	0	0	-0.009	-0.006	0.009
2	-0.079	-0.079	0.079	0	0	0	0.04	-0.117	0.117
3	0.02	0.02	0.02	-1.315	-1.315	1.315	-0.031	0.02	0.031
4	0.812	-1.288	1.288	0.84	0.84	0.84	-0.117	-0.324	0.324
5	-0.017	-0.017	0.017	-1.92	-1.92	1.92	0.018	-0.025	0.025
6	1.323	-1.377	1.377	1.206	1.206	1.206	-0.323	-0.364	0.364
7	-0.017	-0.017	0.017	-2.765	-2.765	2.765	0.017	-0.016	0.017
8	0.031	0.031	0.031	0.133	0.133	0.133	-0.043	0.05	0.05
9	-0.003	-0.003	0.003	-4.752	-4.752	4.752	-0.004	-0.013	0.013
10	1.387	-1.313	1.387	1.189	1.189	1.189	-0.38	-0.324	0.38
11	-0.01	-0.01	0.01	1.35	1.35	1.35	0.026	-0.04	0.026
12	1.413	-1.287	1.413	-2.483	-2.483	2.483	-0.363	-0.268	0.363
13	0.004	0.004	0.004	-2.565	-2.565	2.565	-0.004	0.004	0.004
14	-0.038	-0.038	0.038	-0.133	-0.133	0.133	0.057	-0.057	0.057
15	0.011	0.011	0.011	1.786	1.786	1.786	-0.002	0.025	0.025
16	1.278	-1.422	1.422	-2.478	-2.478	2.478	-0.264	-0.372	0.372
17	-0.004	-0.004	0.004	-5.211	-5.211	5.211	-0.006	-0.017	0.017
18	1.327	-1.373	1.373	1.725	1.725	1.725	-0.34	-0.375	0.375
19	0	0	0	-4.746	-4.746	4.746	0	0	0
20	0.038	0.038	0.038	-0.133	-0.133	0.133	-0.057	0.057	0.057
21	0.004	0.004	0.004	-5.211	-5.211	5.211	-0.017	-0.006	0.017
22	-0.011	-0.011	0.011	1.786	1.786	1.786	0.025	-0.002	0.025
23	1.373	-1.327	1.373	1.725	1.725	1.725	-0.375	-0.34	0.375
24	1.422	-1.278	1.422	-2.478	-2.478	2.478	-0.372	-0.264	0.372
25	-0.004	-0.004	0.004	-2.565	-2.565	2.565	0.004	-0.004	0.004
26	-0.031	-0.031	0.031	0.133	0.133	0.133	0.05	-0.043	0.05
27	0.01	0.01	0.01	1.35	1.35	1.35	-0.04	0.026	0.026
28	1.287	-1.413	1.413	-2.483	-2.483	2.483	-0.268	-0.363	0.363
29	0.003	0.003	0.003	-4.752	-4.752	4.752	-0.013	-0.004	0.013
30	1.313	-1.387	1.387	1.189	1.189	1.189	-0.324	-0.38	0.38
31	0.017	0.017	0.017	-2.765	-2.765	2.765	-0.017	0.016	0.017
32	-0.001	-0.001	0.001	0	0	0	-0.006	-0.009	0.009
33	0.017	0.017	0.017	-1.92	-1.92	1.92	-0.025	0.018	0.025
34	1.377	-1.323	1.377	1.206	1.206	1.206	-0.364	-0.323	0.364
35	-0.02	-0.02	0.02	-1.315	-1.315	1.315	0.02	-0.031	0.031
36	1.288	-0.812	1.288	0.84	0.84	0.84	-0.324	-0.117	0.324
37	0.079	0.079	0.079	0	0	0	-0.04	0.117	0.117

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что на момент передачи статьи в редакционную коллегию, у них нет возможного конфликта интересов с третьими лицами.

Список источников:

1. В городе Узловая спасатели МЧС России ликвидируют последствия обрушений кровли. – Текст: электронный [сайт]. – URL: <https://71.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/operativnaya-informaciya/5707521> (дата обращения: 18.02.2026). – Текст: электронный.

2. В Москве обвалилась крыша ЦСКА. – Текст: электронный [сайт]. – URL: <https://www.kp.ru/sports/figurnoe-katanie/podrobnosti-obrusheniya-kryshi-legendarnogo-katka-czsk-7-3-2026/> (дата обращения: 18.02.2026). – Текст: электронный.
3. Крыша обвалилась из-за ливня в магазине компании «Бауцентр». – Текст: электронный [сайт]. – URL: <https://ria.ru/20130730/952919102.html> (дата обращения: 18.02.2026). – Текст: электронный.
4. В Москве рухнула крыша аквапарка «Трансвааль». Текст: электронный [сайт]. – URL: <https://iz.ru/news/287029> (дата обращения: 18.02.2026). – Текст: электронный.
5. Паршков, Н. А. Различные инструменты расчета конструкции плоской, статически определимой, геометрически неизменяемой фермы / Н. А. Паршков, и др. // Молодёжный вестник Новороссийского филиала Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. – 2024. – Т. 4, № 4(16). – С. 21-38. – DOI 10.51639/2713-0576_2024_4_3_21. – EDN HXQPLN.
6. Исследование инструментов расчёта конструкции плоской, статически определимой, геометрически неизменяемой фермы / Н. А. Паршков, и др. // Сборник трудов международной молодёжной школы «Инженерия–XXI» <https://bgtu-nvrsk.ru/research/conferences/iton-2025> (дата обращения: 18.02.2026). – Текст: электронный.
7. Кривошеев, М. В. Исследование инструментов расчёта конструкции плоской, статически определимой, геометрически неизменяемой фермы в торгово-развлекательном центре «Красная площадь» / М. В. Кривошеев и др. // Сборник трудов международной молодёжной школы "Инженерия - XXI", г. Новороссийск, 7–10 апреля 2026 г. – Новороссийск: Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2026. – С. 30.
8. СОПРОМАТ ГУРУ. Расчет балки онлайн. Построение эпюр // sopromatguru.ru: [сайт] – URL: <https://sopromatguru.ru/?ysclid=lxioen6vnx578687846> // (дата обращения 16.02.2026). – Текст: электронный.
9. Мегацентр «Красная площадь». – Текст: электронный [сайт]. – URL: <https://novoros.red-square.ru/> (дата обращения: 18.02.2026). – Текст: электронный.

Calculation of the roof truss structure in the shopping and entertainment center "Red Square" using online calculators

Maxim Viktorovich Krivosheev¹, Svetlana Sergeevna Yusupova^{2*},
Vladislav Alekseevich Vlasenko³, Alexander Vasilyevich Kartygin⁴

*Branch of the Belgorod State Technological
University named after V.G. Shukhov in Novorossiysk,
Novorossiysk, Russia*

¹maksim.krivosheev.2015@mail.ru, ^{2*}Svetlana-svetli4na@mail.ru,
³vol673481@gmail.com, ⁴aleksandr-kartygin@yandex.ru

Abstract

Calculating building structures in the modern world is a complex and labor-intensive process, requiring consideration of all loads, materials, and geometric features of the structure.

Keywords: building structures, calculation of building structures, statically determinate geometrically invariable truss, online calculators, specialized computer programs.