

ROZMETOVA Rusalina Ruslanovna – Student, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia.

SHABALINA Polina Igorevna – Student, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia.

CITATION FOR AN ARTICLE

Petropavlovskii K.S., Petropavlovskaya V.B., Kalyaskin P.A., Zimina S.A., Mikhailova V.A., Rozmetova R.R., Shabalina P.I. Reinforcement at the micro level: modern trends // Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology». 2025. No. 2 (26), pp. 13–21.

УДК 624.078.4

РАСЧЕТ УЗЛА СОЕДИНЕНИЯ РАСКОСОВ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФЕРМЫ ИЗ ГНУТО-СВАРНЫХ ПРОФИЛЕЙ В ПВК IDEA STATICА

С.Л. Субботин, Т.Р. Баркая, Р.Р. Корда

Тверской государственный технический университет (г. Тверь)

© Субботин С.Л., Баркая Т.Р., Корда Р.Р., 2025

Аннотация. В статье рассмотрен процесс расчета узла фермы из гнуто-сварных профилей с использованием программного комплекса IDEA StatiCa. Подчеркнута важность точного моделирования и анализа сварных соединений и геометрических особенностей профилей для обеспечения прочности и надежности металлических конструкций. Описан пошаговый порядок работы: от создания 3D-модели узла до анализа результатов и оптимизации конструкции. Представлены практические рекомендации и преимущества применения IDEA StatiCa в условиях современных требований к строительным конструкциям. Результаты исследования подтверждают эффективность данного программного инструмента при проектировании сложных узлов фермы.

Ключевые слова: IDEA StatiCa, расчет узла, ферма, гнуто-сварные профили, сварные соединения, металлические конструкции, моделирование, прочность, строительное проектирование, оптимизация конструкции.

DOI: [10.46573/2658-7459-2025-2-21-27](https://doi.org/10.46573/2658-7459-2025-2-21-27)

Фермы являются важным элементом пространственных каркасов, широко применяемым в строительстве мостов, покрытий и других сооружений. Узлы фермы – ключевые зоны, где происходит передача нагрузок между элементами конструкции, и правильный расчет их несущей способности и жесткости критичен для безопасности всей конструкции. В последние годы гнуто-сварные профили активно используются (благодаря их высокой прочности и оптимальной геометрии) для изготовления элементов ферм. Программный комплекс IDEA StatiCa позволяет детально анализировать и рассчитывать такие узлы с учетом всех особенностей профилей и сварных соединений.

Основные особенности гнуто-сварных профилей в фермах

Гнуто-сварные профили изготавливаются путем гнутья листовой стали и последующей сварки формы сечения. Они обладают рядом преимуществ:

высокой прочностью при малом весе,

возможностью создавать оптимальные сечения под конкретные нагрузки,

повышенной устойчивостью к локальным деформациям.

Тем не менее эта конструкция предъявляет повышенные требования к точности расчета узлов, так как сварные швы и сложная геометрия существенно влияют на распределение напряжений при работе конструкции под нагрузкой, что должно быть учтено при моделировании в расчетной схеме [1].

IDEA StatiCa как инструмент расчета узлов фермы

IDEA StatiCa – это современный программный продукт, предназначенный для структурного анализа узлов металлоконструкций. В частности, с его помощью можно:

импортировать или создавать 3D-модели конкретного узла с заданными профилями и соединениями [2];

анализировать сложное взаимодействие болтовых и сварных соединений [3];

учитывать нелинейности материала и геометрии, что важно при работе с гнуто-сварными профилями [4];

проводить расчет по различным актуальным нормативным документам, включая Еврокод и российские Своды правил [2, 5];

формировать подробные отчеты с визуализацией напряжений и выявлением критических зон узла [6].

Пошаговый процесс расчета узла фермы из гнуто-сварных профилей в IDEA StatiCa

1. Моделирование узла. Непосредственно в программно-вычислительном комплексе (ПВК) IDEA StatiCa создаем трехмерную модель узла. При этом геометрию и сечения гнуто-сварных профилей назначаем с учетом параметров, которые существенно влияют на поведение узла (рис. 1–4) [1].

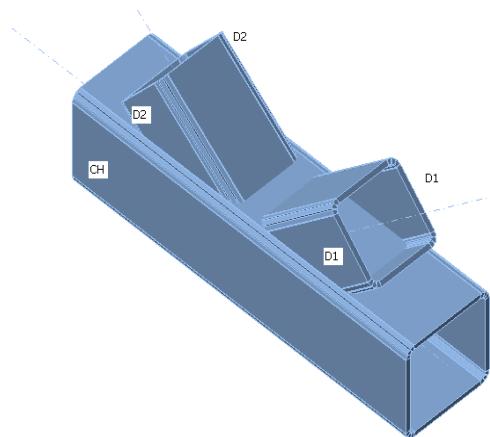


Рис. 1. Маркировка элементов узла нижнего пояса:

CH – нижний пояс;

D1 – раскос № 1; D2 – раскос № 2

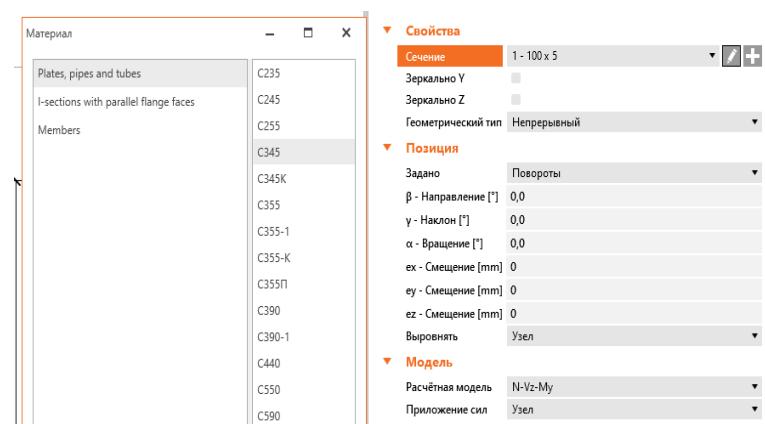


Рис. 2. Геометрия и характеристики сечения элемента расчетной схемы «CH»

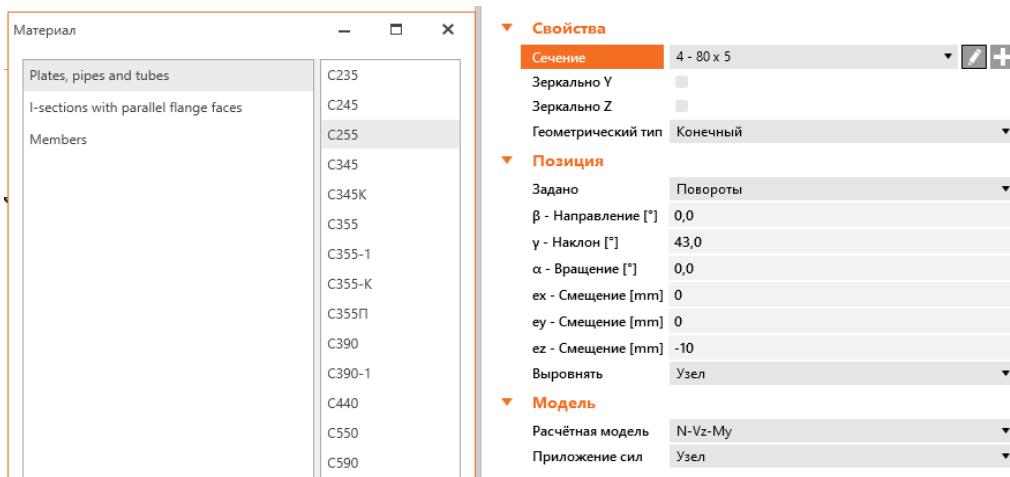


Рис. 3. Геометрия и характеристики сечения элемента расчетной схемы «D1»

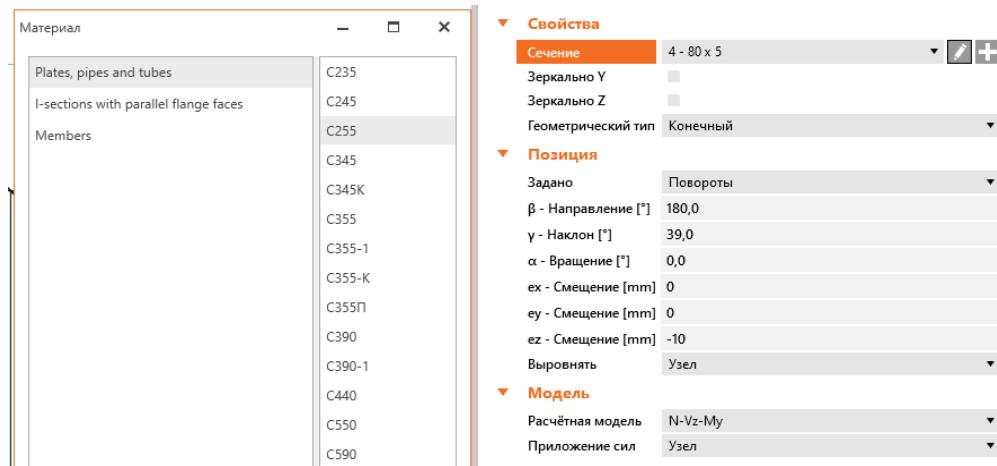


Рис. 4. Геометрия и характеристики сечения элемента расчетной схемы «D2»

2. Назначение условий приложения нагрузки.

Задаем внешние силы и моменты, действующие на узел. Сюда можно включить изгибающие моменты, поперечные и продольные силы. Важно корректно задать направления и величины нагрузок для обеспечения необходимой точности анализа (рис. 5, 6) [4].

| | Элемент | N [kN] | Vy [kN] | Vz [kN] | Mx [kNm] | My [kNm] | Mz [kNm] |
|---|------------|-----------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| | CH / Конец | 247,0 | 0,0 | 1,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | D1 / Конец | -163,0 | 0,0 | 1,0 | 0,0 | -1,0 | 0,0 |
| > | D2 / Конец | 184,5 | 0,0 | -2,3 | 0,0 | -1,3 | 0,0 |

Рис. 5. Таблица загружений

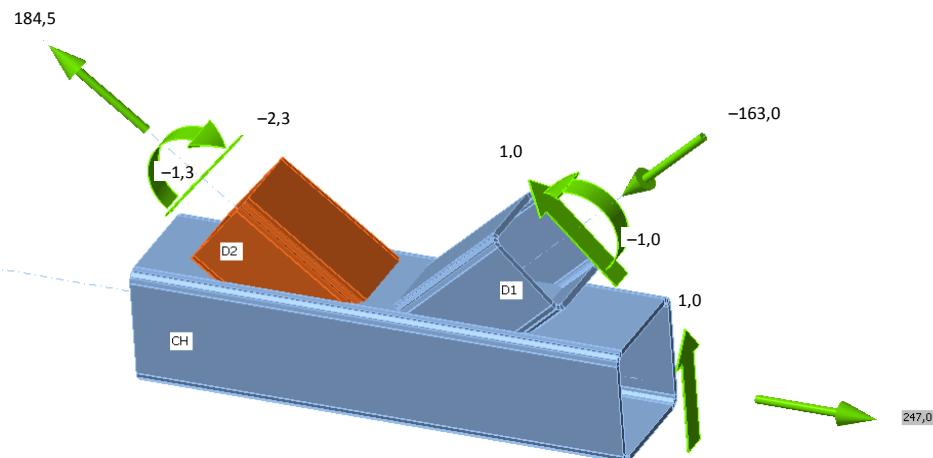


Рис. 6. Схема приложения загружений в модели

3. Задание соединений элементов в узле.

Указываем типы сварных швов, их размеры и другие характеристики IDEA StatiCa, которые позволяют учитывать фактические параметры сварных соединений и их несущую способность, что особенно важно для гнуто-сварных профилей (рис. 7–9) [3].

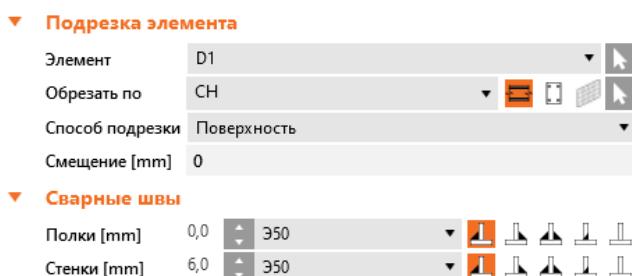


Рис. 7. Характеристики сварного соединения «CH» и «D1»



Рис. 8. Характеристики сварного соединения «CH» и «D2»

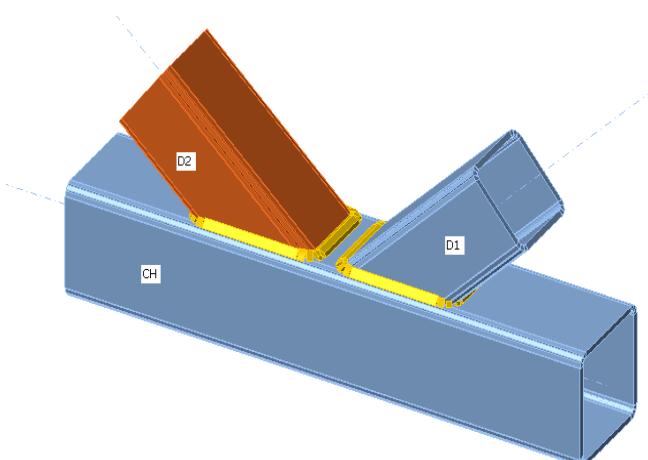


Рис. 9. Расположение сварных соединений (швов) в модели

4. Расчет и анализ результатов.

Производим расчет созданной схемы. Программа автоматически определит напряженно-деформированное состояние узла, выявит зоны максимальных напряжений и проверит соответствие нормативным требованиям. Кроме того, возможен анализ резервов прочности, а также выявление потенциальных мест возникновения повреждений (рис. 10–12) [6].

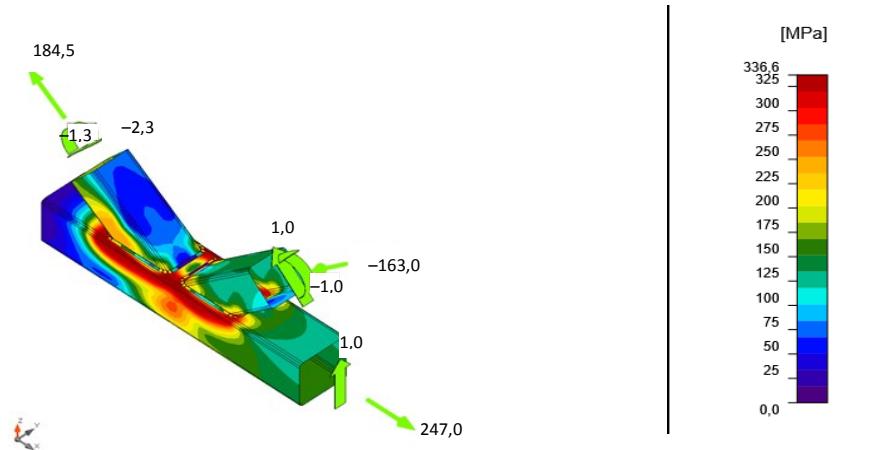


Рис. 10. Изополя эквивалентных напряжений, возникающих в узле

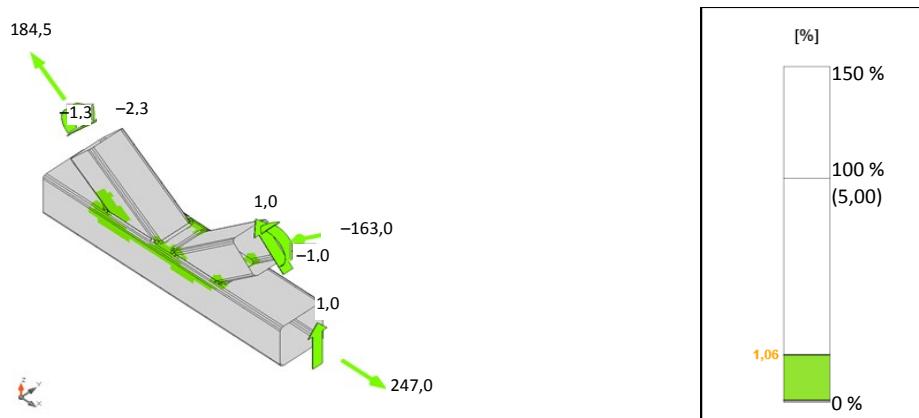


Рис. 11. Распределение пластических деформаций, возникающих в узле

Проверка сварных швов для наихудшего загружения (Пластическое распределение)

| | | Статус | Элемент | Край | Электрод | k_f [мм] | l [мм] | l_{we} [мм] | Нагрузки | N [кН] | U_{twm} [%] | U_{tbm} [%] | Констр. треб-ия |
|---|---|--------|---------|------|----------|---------------|-------------|------------------|----------|-------------|------------------|------------------|-----------------|
| > | + | ✓ | CH-w 3 | D1 | Э350 | ▲6,0 | 354 | 4 | LE-MC1 | 4,0 | 88,0 | 95,1 | ✓ |
| | + | ✓ | CH-w 3 | D2 | Э350 | ▲6,0 | 372 | 4 | LE-MC1 | 4,1 | 89,5 | 96,8 | ✓ |

Рис. 12. Результаты проверки сварных швов

5. Оптимизация конструкции.

При необходимости корректируем параметры профиля, соединений или загружения элементов и повторяем расчет для поиска оптимального решения с позиций обеспечения прочности узла и экономичности конструктивного исполнения [7].

Обобщая результаты анализа полученных расчетных данных, можно выделить **основные практические рекомендации:**

необходимо тщательно подбирать параметры сварных швов, поскольку от них сильно зависит поведение узла [1];

для повышения надежности конструкции следует проверять результаты расчета с учетом различных комбинаций нагрузок [5];

для упрощения обмена данными и сокращения времени моделирования представляется эффективным использовать возможности интеграции IDEA StatiCa с программными продуктами BIM и CAD [7].

Расчет узлов фермы из гнуто-сварных профилей является сложной и ответственной задачей, требующей учета множества факторов: геометрии, свойств материала, типа соединений и нагрузок. Использование IDEA StatiCa значительно упрощает этот процесс, обеспечивая высокую точность, соответствие нормам и возможности оптимизации конструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов Ю.А. Особенности расчета гнуто-сварных профилей в металлических конструкциях // *Строительная механика и расчеты*. 2023. № 1. С. 23–30.
2. IDEA StatiCa Official Website. URL: <https://www.ideastatica.com> (дата обращения: 10.03.2025).
3. Смирнова Е.Н. Программные комплексы для расчета соединений металлических конструкций // *Строительство и архитектура*. 2020. № 2. С. 60–67.
4. Иванов С.А. Современные методы расчета и проектирования металлических конструкций. СПб.: Лань, 2021. 288 с.
5. СП 16.13330.2011. Стальные конструкции. URL: <https://www.flamax.ru/upload/iblock/0ca/0ca30e537078b720c0199a7dc2c9383c.pdf> (дата обращения: 10.03. 2025).
6. Герасимов В.В. Металлические конструкции зданий и сооружений. М.: Стройиздат, 2019. 432 с.
7. Петров К.М., Сидоров А.В. Применение программного обеспечения в строительном проектировании // *Инженерный журнал*. 2022. № 4. С. 45–52.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

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

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

КОРДА Роман Русланович – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, Россия, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22. E-mail: romankorda@yandex.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Субботин С.Л., Барская Т.Р., Корда Р.Р. Расчет узла соединения раскосов металлической фермы из гнуто-сварных профилей в ПВК IDEA StatiCa // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии». 2025. № 2 (26). С. 21–27.

**CALCULATION OF THE JUNCTION POINT OF THE BRACES OF A METAL TRUSS
MADE OF BENT-WELDED PROFILES IN IDEA STATICa PVC****S.L. Subbotin, T.R. Barkaya, R.R. Korda***Tver State Technical University (Tver)*

Abstract. The article discusses the process of calculating a truss assembly from bent-welded profiles using the IDEA StatiCa software package. The importance of accurate modeling and analysis of welded joints and geometric features of profiles is emphasized to ensure the strength and reliability of metal structures. A step-by-step procedure is described: from creating a 3D model of the node to analyzing the results and optimizing the design. Practical recommendations and advantages of using IDEA StatiCa in the context of modern requirements for building structures are presented. The research results confirm the effectiveness of this software tool in designing complex farm components.

Keywords: IDEA StatiCa, node calculation, truss, bent-welded profiles, welded joints, metal structures, modeling, strength, construction design, design optimization.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

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

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

KORDA Roman Ruslanovich – Master's Degree Student, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: romankorda@yandex.ru

CITATION FOR AN ARTICLE

Subbotin S.L., Barkaya T.R., Korda R.R. Calculation of the junction point of the braces of a metal truss made of bent-welded profiles in IDEA StatiCa PVC // Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology». 2025. No. 2 (26), pp. 21–27.