

В. Е. Гладышев^{1}, Н. Н. Кобелева¹*

Автоматизация процессов уравнивания кровельных конструкций и балок

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,
Российская Федерация
* e-mail: vladgladyshev@bk.ru

Аннотация. Строительство и ремонт кровли – это важный этап любого строительного проекта, требующий точности, надежности и высокой квалификации рабочих. Однако современные технологии стремительно меняют подходы к выполнению этих задач. Процесс автоматизации вычисления и оформления съемки в геодезии или инженерной сфере включает в себя использование специализированных программных решений и технологий для упрощения и оптимизации работы. В статье приводятся результаты исследований по автоматизации процессов вычисления прогиба балки и уравнивания кровельных конструкций. Показан фрагмент кода при работе и выборе точек для подсчета прогиба балки. Для написания кода использовался язык программирования C#. Приводятся результаты вычислений прогиба балки, вычисленных в ручную и с использованием написанной программой. Разработанная программа направлена на повышение эффективности и точности процессов выравнивания кровли, а также на оптимизацию ресурсов и временных затрат, требуемых для проведения мониторинга кровельных конструкций.

Ключевые слова: САПР, кровельные конструкции, автоматизация процессов, язык программирования C#, вычисления прогиба балки, кровельные конструкции, Microsoft Visual Studio

V. E. Gladyshev^{1}, N. N. Kobeleva¹*

Automation of processes for leveling roof structures and beams

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
* e-mail: vladgladyshev@bk.ru

Abstract. Construction and repair of a roof is an important stage of any construction project, requiring precision, reliability and highly qualified workers. However, modern technologies are rapidly changing approaches to performing these tasks. The process of automating the calculation and design of surveys in geodesy or engineering involves the use of specialized software solutions and technologies to simplify and optimize the work. The article presents the results of research on automating the processes of calculating beam deflection and leveling roof structures. A code fragment is shown when working and selecting points for calculating the deflection of a beam. The C# programming language was used to write the code. The results of calculations of beam deflection, calculated manually and using a written program, are presented. The developed program is aimed at increasing the efficiency and accuracy of roof leveling processes, as well as optimizing the resources and time required to monitor roofing structures.

Keywords: CAD, roofing structures, process automation, C# programming language, beam deflection calculations, roofing structures, Microsoft Visual Studio

Введение

Кровельные конструкции представляют собой элементы, образующие внешний верхний слой крыши здания. Они выполняют множество функций, важ-

ных для защиты здания от внешних воздействий, поддержания его прочности и сохранности, а также для обеспечения комфортных условий проживания и работы внутри помещений [1].

Балки и фермы являются важными элементами кровельной конструкции, обеспечивая прочность и надежность всей системы кровли. Они выполняют различные функции и имеют свои характеристики.

Балки представляют собой горизонтальные структурные элементы, которые поддерживают кровельные материалы и переносят нагрузку на другие элементы конструкции или стены здания. Они распределяют вес кровельного покрытия, снега, воды и других нагрузок одинаково на опорные стены или колонны, обеспечивая равномерность и безопасность нагрузки на все сооружение. Балки обеспечивают стабильность всей кровельной конструкции, предотвращая ее деформацию и обеспечивая прочность при воздействии нагрузок [2].

Фермы – это трехмерные конструкции, часто изготовленные из дерева или металла, которые поддерживают большие пролеты и обеспечивают структурную целостность кровли. Они распределяют нагрузку на более широкой площади, что делает их эффективными для поддержки больших расстояний без дополнительных опор. Фермы обладают высокой прочностью при более экономичном использовании материалов по сравнению с балками, что позволяет создавать устойчивые конструкции при минимальном материалоемком процессе [1, 2].

Использование балок и ферм в кровельной конструкции зависит от конкретных требований проекта, типа здания, его размеров и технических возможностей. Данные элементы работают вместе для обеспечения прочности, устойчивости и долговечности всей кровли.

Прогиб балок и ферм в кровельной конструкции может иметь различные негативные последствия, влияющие на целостность и безопасность здания [3]:

- привести к ухудшению структурной устойчивости здания, что может вызвать опасность обрушения или повреждения других элементов конструкции;
- вызвать деформацию кровельных материалов, трещины или скопления воды, что ведет к утечкам внутрь здания и повреждению внутренних поверхностей;
- повредить слои утеплителя или нарушить укладку изоляции, что приведет к потере тепла и повышенным энергозатратам на обогрев помещений;
- стать потенциальной угрозой для безопасности людей, находящихся внутри здания, особенно при риске обрушения или падения элементов конструкции.

Эти последствия важно учитывать и производить регулярное техническое обслуживание здания, включая проверку состояния балок и ферм.

Цель данного исследования состоит в разработке и реализации метода автоматизации процесса уравнивания результатов геодезических измерений контрольных точек кровельных конструкций и балок с использованием САПР программы. Данное исследование направлено на повышение эффективности и точности процессов выравнивания кровли, а также на оптимизацию ресурсов и вре-

менных затрат, требуемых для проведения мониторинга кровельных конструкций.

Методы и материалы

Геодезические работы при вычислении прогибов балок включают в себя измерения и определение геометрических параметров, необходимых для подсчета прогибов конструкции и определения мест с наибольшей нагрузкой.

На рис.1 представлена схема расположения точек взятых для измерения прогиба фермы. В данном случае получены координаты концов балок и других контрольных точек, чтобы иметь точное представление об их пространственном расположении. Выполнено определение главных осей балки и направлений, которые могут влиять на прогиб, таких как вертикальные и горизонтальные компоненты.

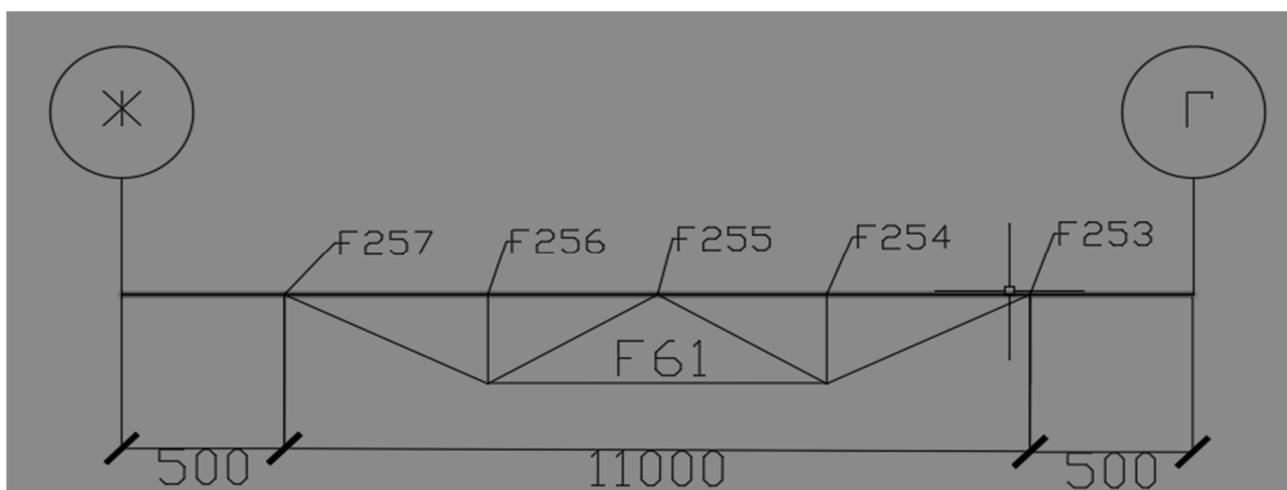


Рис.1. Схема измерения фермы

Одной из основных проблем вычисления прогиба балки – это временные затраты на построение самой балки и вычисление высотных отметок в каждой контрольной точке, с точки зрения оптимизации ресурсов и времени, требуемых для проведения работ.

Так как пролет кровли может варьироваться от 5 до 100 метров, и на все это расстояния фермы и балки могут чередоваться с интервалов 0,5 метра и более, количество произведённых замеров может быть колоссальным.

На рис.2 показаны результаты съемки, загруженной с тахеометра.



Рис. 2. Результаты съемки

Далее выполнена отрисовка крайних точек фермы по линиям, а затем выбраны внутренние точки для расчета прогиба фермы. Путем линейной интерполяции, где между крайними точками проводится отрезок, на котором отбираются два крайних отрезка равных своему высотному показателю, и между ними проводится линейная интерполяция, далее строятся оставшиеся три отрезка и функцией «линейный размер» выполняются измерения расстояний до прямой, которая проведена между крайними отрезками.

Так же можно произвести расчет прогиба по пяти известным точкам, обозначенными как $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4, \delta_5$, где δ_1 и $\delta_5 = 0$. Таким образом, выполняется кубическая интерполяция по следующей формуле:

$$\delta(x) = ax^3 + bx^2 + cx$$

Используя данные измерений, можно построить систему уравнений и определить коэффициенты a, b, c для кубической интерполяции прогиба балки между этими точками, что позволит оценить прогиб в любой промежуточной точке на балке, используя полученное кубическое уравнение.

Готовый вариант уравненной фермы, в котором контрольные точки расположены в рядах и осях здания показан на рис.3. Расчеты производились вручную.

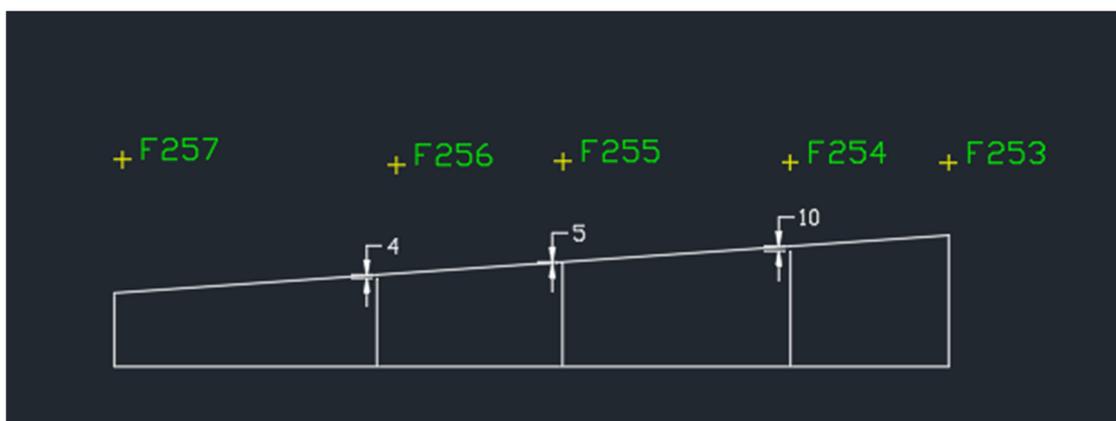


Рис.3. Результаты уравнения фермы, выполненные вручную

Результаты

С целью автоматизации процесса расчета прогиба балок кровельной конструкции и оформления результатов съемки выбрана среда разработки Microsoft Visual Studio. Это бесплатная среда разработки, находящаяся в открытом доступе и с поддержкой различных языков программирования, возможностью вести совместные проекты, имеющая функцию отладки во время работы (программа сама находит синтаксические ошибки в коде и показывает на какой строке она находится), а так же имеет огромное количество обучающего материала, что является огромным плюсом для новичков [4].

Для написания кода программы использовался язык программирования C#, разработанный компанией Microsoft. C# является частью платформы .NET, которая предоставляет инструменты и среду для создания различных приложений.

C# сочетает в себе элементы различных языков программирования и ориентирован на разработку разнообразных приложений, включая приложения для Windows, веб-приложения, игры, мобильные приложения и многое другое.

.NET - это платформа, включающая основные компоненты, такие как Common Language Runtime (CLR), Framework Class Library (FCL), библиотеки и инструменты разработки, которые позволяют программистам создавать и запускать приложения на различных устройствах и операционных системах. Основными преимуществами платформы являются:

1. Обширная библиотека инструментов – NET Framework и .NET Core предоставляют обширные библиотеки и инструменты для работы с графикой, математическими вычислениями, алгоритмами и структурами данных, что может быть важно для разработки в области САПР;

2. Высокая производительность - благодаря уникальной архитектуре внутреннего кода программы позволяет достичь высокого уровня производительности создаваемого программного обеспечения;

3. Платформа постоянно развивается и с каждым годом у нее появляются различные нововведения, которые как и упрощают старые задачи так и появляются инструменты для решения новых.

На рис. 4 показан фрагмент кода при работе и выборе точек для подсчета прогиба балки.

```
[CommandMethod("CALCULATEBEAMDEFLECTION")]
public void CalculateBeamDeflection()
{
    Document doc = Application.DocumentManager.MdiActiveDocument;
    Database db = doc.Database;
    Editor ed = doc.Editor;

    PromptPointOptions ppo1 = new PromptPointOptions("\nУкажите первую точку: ");
    PromptPointResult ppr1 = ed.GetPoint(ppo1);

    if (ppr1.Status != PromptStatus.OK)
    {
        ed.WriteMessage("\nОтменено.");
        return;
    }

    PromptPointOptions ppo2 = new PromptPointOptions("\nУкажите вторую точку: ");
    ppo2.UseBasePoint = true;
    ppo2.BasePoint = ppr1.Value;

    PromptPointResult ppr2 = ed.GetPoint(ppo2);

    if (ppr2.Status != PromptStatus.OK)
    {
```

Рис. 4. Фрагмент кода для подсчета прогиба балки

В программе задана последовательность подсчета точек. Программа берет крайние точки и интерполирует высотные отметки между ними, а все остальные значения сравнивает между собой и выдает результат. На рис. 5 приведена группа выбранных точек.



Рис.5. Группа выбранных точек

На рис. 6 показан готовый результат уравнивания кровельной балки. За ноль взяты крайние точки со своими значениями, между ними по их высотным отметкам произведена интерполяция и все выбранные точки сравниваются между крайними точками по высоте.

46						
№п/п	Значение 1	Значение 2	Значение 3	Значение 4	Значение 5	Максимальное Значение
46	+0	-4	-5	-10	+0	-10

Рис. 6. Готовый результат уравнивания

Данный метод значительно сокращает время, затраченное на вычисления и уравнивание результатов измерений, выполненных в ручную (порядка двух – четырех минут на одну ферму). При автоматическом подсчете затрачивается порядка 15 секунд на каждую конструкцию, так же исключается человеческий фактор, так как машина не может ошибиться или запутаться, она следует заданному в ней алгоритму.

Выводы

Автоматизация процесса съемки и обработки геодезических данных позволяет значительно сократить время на выполнение задач, снизить вероятность ошибок и повысить точность результатов. Это также способствует более быстрой и точной подготовке информации для принятия решений и использования в инженерных проектах.

Современное развитие программного обеспечения и инновационные подходы к работе с данными значительно уменьшают затраты времени на анализ и обработку информации. При возникновении новых вызовов и проблем появляются новые методы и пути их решения. Тот подход, который был представлен

в статье, лишь один из нескольких возможных способов решения данной задачи. Программирование для систем автоматизированного проектирования предоставляет широкие возможности – от решения базовых задач до поиска абсолютно новых решений.

Эффективное вычисление прогиба балки требует комплексного подхода с учетом всех этих факторов, а также использование современных инструментов и программного обеспечения для точного моделирования и расчета деформаций конструкции.

Необходимо постоянно следить за развитием технологий и адаптировать их к изменяющимся требованиям строительной отрасли. Гармоничное сочетание опыта специалистов и применения новейших технологий является ключом к достижению оптимальных результатов в инженерно-строительной отрасли.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Готовые проекты малоэтажного строительства [Электронный ресурс]. – 2023 – Текст : электронный // URL : <https://www.parthenon-house.ru/content/articles/index.php?article=9160> (Дата обращения : 25.10.2023). – Режим доступа : общий доступ.
2. Статьи о кровле и кровельных материалах от специалистов СтройПартнёр [Электронный ресурс]. – 2023 – Текст : электронный // URL : <https://st-par.ru/info/stati-o-krovle/kakie-byvayut-ehlementy-krovli/> (Дата обращения : 30.10.2023). – Режим доступа : общий доступ.
3. Аварии, дефекты и усиление железобетонных и каменных конструкций [Электронный ресурс]. – 2023 – Текст : электронный // URL : <https://gip.su/publikacii/avarii-defekty-i-usilenie-zhelezobetonnyh-i-kaemnyh-konstrukcij/> (Дата обращения : 15.11.2023). – Режим доступа : общий доступ.
4. Visual Studio 2022 [Электронный ресурс]. – 2023 – Текст : электронный // URL : <https://visualstudio.microsoft.com/ru/> (Дата обращения : 20.11.2023). – Режим доступа : общий доступ.

© В. Е. Гладышев, Н. Н. Кобелева, 2024