



Universitatea Tehnică a Moldovei

Calculul stabilității fermelor metalice și consolidarea lor rațională

**Absolvent: st. gr. IS-1701M
Bozbei Ion**

**Conducător: Conf.univ.dr.
Cotorobai Vasile**

Chișinău – 2019

Rezumat:

Ca temă a tezei, am ales "Calcul stabilității fermelor metalice și consolidarea lor rațională".

Obiectivul principal al acestei lucrări este de a dezvolta metode de determinare a părților slabe și a elementelor de ferme metalice în starea de limitare a stabilității și de căutare a schemelor raționale și a modalităților de întărire a acestora.

Primul capitol dezvoltă metode analitice pentru determinarea părților slabe și a elementelor structurilor metalice folosind reacțiile principale, gradientul forței critice asupra rigidității elementelor, gradientul stării critice. Se prezintă o metodă de determinare a coeficienților de activitate bazată pe principiul energiei și FEM, precum și o metodă numerică pentru determinarea factorilor de mai sus. Determinarea sarcinii maxime pentru un element curbat comprimat al structurii, ținând seama de evoluția deformațiilor plastice ale secțiunii transversale și de condițiile reale de fixare în noduri. Determinarea rigidității la încovoiere a elementelor curbate, folosind metoda a două secțiuni calculate.

Cel de-al doilea capitol descrie principalele tipuri de defecte ale fermei metalice și cauzele acestora. Detaliile sunt considerate metode și recomandări pentru consolidarea structurilor metalice, precum și evaluarea eficacității diferitelor modalități de consolidare a fermelor în funcție de indicatorii agregați.

În cel de-al treilea capitol sunt luate în considerare calculele diferitelor scheme de întărire a fermelor de foraj realizate cu ajutorul biroului Scad. Calculul capacității portante a barelor de acoperiș, ținând seama de curbura elementelor individuale. Calcularea elementelor feroase de ferme metalice. Calculul structurii metalice cu zăbrele.

Valoarea practică a lucrării constă în faptul că metodele de calcul dezvoltate și complexul software și de calcul pot fi utilizate direct pentru a studia funcționarea sistemelor de miez de metal, inclusiv a celor cu defecte inițiale. Aplicarea metodologiei dezvoltate conduce la utilizarea eficientă a materialelor structurale în consolidarea fermelor de acoperiș.

Fiabilitatea rezultatelor obținute este confirmată de aplicarea metodelor și principiilor fundamentale ale mecanicii solide a unui corp deformabil, soluția problemelor de testare care au fie o soluție analitică binecunoscută, fie o soluție obținută prin alte metode.

Resume

As the theme of the thesis, I chose "Calculation of the stability of metal trusses and their rational strengthening".

The main objective of this work is to develop methods for determining the weak parts and elements of metal trusses in the limiting state of stability and the search for rational schemes and ways to strengthen them.

The thesis consists of theoretical and practical parts. The theoretical part of the work consists of 2 chapters.

The first chapter develops analytical methods for determining the weak parts and elements of metal trusses using the main reactions, the gradient of the critical force on the stiffness's of the elements, the gradient of the condition of the critical state. A method for determining the activity coefficients based on the energy principle and the FEM, as well as a numerical method for determining the above factors, is given. Determination of the maximum load for a compressed curved element of the truss taking into account the development of plastic deformations of the cross section and the actual conditions of fastening in the nodes. Determination of bending stiffness of curved truss elements using the method of two calculated sections.

The second chapter describes the main types of defects in metal trusses and their causes. Details are considered methods and recommendations for strengthening metal trusses, as well as evaluating the effectiveness of various ways to strengthen trusses according to aggregated indicators.

In the third chapter, the calculations of various schemes for the strengthening of beam trusses made with the help of the Scad office are considered. The calculation of the carrying capacity of roof trusses, taking into account the curvature of individual elements. Calculation of weak trusses of metal trusses. The calculation of the gain truss metal truss.

The practical value of the work lies in the fact that the developed calculation methods and the software and computing complex can be directly used to study the operation of metal core systems, including those with initial defects. The application of the developed methodology leads to the effective use of structural materials in the strengthening of roof trusses. The reliability of the results obtained is confirmed by the application of fundamental methods and principles of solid mechanics of a deformable body, the solution of test problems that have either a well-known analytical solution, or a solution obtained by other methods.

Оглавление

Введение.....	1-4
1. Аналитические способы определения слабых узлов и элементов ферм в предельном состоянии из условия прочности и устойчивости	
1.1 Использование главных реакций.....	4-7
1.2. Использование градиента критической силы.....	7-9
1.3. Использование градиента критического состояния стержневых систем.....	9-12
1.4. Использование энергетического принципа и метода конечных элементов.....	12-16
1.5 Определение предельной нагрузки для сжатого искривленного элемента фермы с учетом развития пластических деформаций сечения и реальных условий закрепления в узлах.....	16-19
1.6 Определение изгибной жесткости искривленных элементов ферм с использованием метода двух расчетных сечений.....	19-27
2. Поиск рационального способа усиления стальных ферм	
2.1 Виды дефектов металлических ферм и причины их возникновения.....	27-33
2.2 Способы усиления металлических ферм.....	33-39
2.3 Рекомендации по усилению металлической фермы.....	39-47
2.4 Оценка эффективности различных способов усиления ферм по укрупненным показателям.....	47-50
3. Расчет усиления и несущей способности стропильных металлических ферм	
3.1 Анализ различных схем усиления балочных ферм, выполненный при помощи Scad office.....	50-60
3.2 Расчет несущей способности стропильных ферм с учетом искривлений отдельных элементов.....	60-65
3.3 Расчет слабых узлов стропильных металлических ферм.....	65-69
3.4 Расчет усиления стропильной металлической фермы.....	69-75
Основные выводы и заключения.....	75-76
Список литературы.....	76-77

Введение

Несущая способность и надежность строительных конструкций в большей степени определяется устойчивостью сжатых элементов. Первое теоретическое исследование устойчивости упругого центрально-сжатого стержня было проведено Л. Эйлером. Рассматривались вопросы работы сжатого стержня как в упругой, так и в пластической стадиях, а также вопросы потери устойчивости при наличии эксцентриситетов приложения нагрузок и начальной погиби стержней. Эти задачи решались приближенными методами, построенными на основании ряда упрощающих гипотез и допущений.

Улучшение качества и надежности конструкций, усложнения условий их работы в период эксплуатации, а также внедрение новых строительных материалов, высокопрочных сталей приводит к необходимости дальнейших исследований в области теории устойчивости и разработке уточненных методов расчета строительных конструкций. Уточнение величины предельной нагрузки с учетом таких факторов как форма начального искривления оси стержня, развитие пластических зон в стержне и т.д. возможно лишь на основании строгой методики расчета без дополнительных упрощающих гипотез.

В настоящее время основным видом металлических конструкций покрытий промышленных зданий являются стропильные фермы. Многолетний опыт их эксплуатации свидетельствует о том, что существующие методы расчета отражают условия работы отдельных стержней в конструкции. Однако, по мере эксплуатации конструкции в целом ее элементы приобретают геометрические и физические несовершенства как местного, так и общего характера, которые понижают их несущую способность.

Причина аварий часто заключается в имеющихся геометрических несовершенствах стержней ферм. Поэтому при оценке эксплуатационного состояния необходимо максимальное приведение расчетных схем к условиям работы отдельных стержней. Такой расчет позволит выделить стержни, нуждающиеся в их немедленном усилении и стержни с потенциально неопасными геометрическими дефектами. Увеличение технологических воздействий, повышение объема и интенсификация производства нередко связаны с ростом нагрузок на конструкции, что зачастую обуславливает необходимость повышения несущей способности таких конструкций за счет усиления.

Усиление осуществляют либо после предварительной разгрузки конструкций, либо в напряженном состоянии при действии эксплуатационных нагрузок.

Одни из наиболее распространенных методов усиления является увеличение сечений элементов. В большинстве исследований, посвященных этому вопросу, ставилась цель разработки, приближенной инженерной методики расчета усиливаемых стержней, однако в них отсутствует сравнительный анализ схем и способов усиления конструкции в целом.

Цель исследования состоит в разработке способов определения слабых частей и элементов в предельном состоянии, на устойчивости для металлических ферм и поиск рациональных схем и способов усиления их.

При осуществлении этой цели были поставлены и решены следующие задачи:

1) На основе анализа предельного состояния металлических ферм из условия устойчивости разработана методика определения слабых частей с использованием главных реакций жестких узлов.

2) Разработано несколько способов определения активности каждого элемента фермы в обеспечении несущей способности ее из условия общей формы потери устойчивости с использованием:

- градиента критической силы по жесткостям элементов;
- градиента условия критического состояния, составленного по методу перемещений;
- готовых формул, полученных на основе метода конечных элементов (МКЭ).

3) Разработана методика проверки несущей способности ферм с искривлениями отдельных элементов и дана оценка их общей устойчивости в упругой и упругопластической стадиях.

4) Разработан общий алгоритм поиска рациональной схемы и способов усиления стропильных ферм на основе анализа коэффициентов эффективности для различных способов усиления.

Заметим, что задача данной работы состоит не в расчете усиленных элементов металлических ферм, а в поиске рациональной с точки зрения повышения критической нагрузки схемы и способа усиления. Решением этой задачи достигается не только экономия материала, но и уменьшение трудоемкости как изготовления элементов усиления, так и монтажа усиливаемых конструкций.

В первой главе разрабатываются аналитические способы определения слабых частей и элементов металлических ферм с применением главных реакций, градиента критической силы по жесткостям элементов, градиента условия критического состояния стержневых систем. Приводится способ определения коэффициентов активности на основе

энергетического принципа и МКЭ, а также численный метод определения вышеуказанных коэффициентов. Определение предельной нагрузки для сжатого искривленного элемента фермы с учетом развития пластических деформаций сечения и реальных условий закрепления в узлах. Определение изгибной жесткости искривленных элементов ферм с использованием метода двух расчетных сечений.

Во второй главе приводятся виды дефектов металлических ферм и причины их возникновения, обширный анализ схем и способов усиления нескольких типов металлических ферм с определением технико-экономических показателей. Большинство из этих ферм взяты из реальных каркасов поперечных металлических рам.

В третьей главе выполнены расчеты различных схем усиления балочных ферм, расчет определения несущей способности стропильных ферм с учетом искривлений отдельных элементов, расчет определения слабых узлов стропильных металлических ферм.

Работа завершается заключением и списком литературы.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- впервые разработаны способы оценки активности каждого элемента(численно) в обеспечении несущей способности фермы из условия устойчивости и определения слабых элементов, усиление которых наиболее эффективно повышает несущую способность ферм;
- разработаны алгоритм и методика проверки несущей способности ферм с искривлениями отдельных элементов, которые оцениваются как совершенствование методики СНиП;
- на основе анализа предельного состояния ферм из условия устойчивости разработан алгоритм поиска наиболее рациональной схемы и способа усиления их с учетом технико-экономических показателей усиления.

Практическая ценность работы состоит в том, что разработанные методы расчета и программно-вычислительный комплекс могут быть непосредственно использованы для исследования работы металлических стержневых систем, в том числе с начальными дефектами. Применение разработанной методики приводит к эффективному использованию конструкционных материалов при усилении стропильных ферм.

Структура работы. Диплом состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы, включающего 26 наименований. Полный объем диплома 76 страниц., включая 48 рисунков и 45 таблиц.