

УДК 539.4.016.3

С.К.Абильдин¹, Н.Г.Абдрахманов², Н.А.Москаленко²

¹Карагандинский государственный технический университет;

²Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова (E-mail: alk83@mail.ru)

Разработка алгоритма автоматизированного расчета стальных элементов конструкций, имеющих общие и локальные повреждения

Данная статья посвящена проблемам автоматизации расчета стальных элементов конструкции, имеющих общие и локальные повреждения, и разработке алгоритма для реализации на персональном компьютере. Произведен сравнительный анализ расчета элементов конструкции с учетом дефектов и без таковых.

Ключевые слова: балочная конструкция, дефект, жесткость, Turbo Pascal 7.0, Delphi, центрально-сжатый элемент, сечение.

Развитие экономики Республики Казахстан в современных условиях во многом определяется увеличением объема строительных работ как в промышленности, так и в жилищном секторе. Обеспечение безопасности и расчет на долговечность строительных конструкций проводятся как на этапе проектирования новых сооружений, так и при обследовании существующих с целью выявления их долговечности. С развитием численных методов расчета элементов конструкций появляется возможность автоматизации трудоемкого процесса вычислительного характера.

Для перекрытия больших пролетов промышленных зданий и сооружений в современном строительстве чаще всего используются стальные фермы различного очертания.

Как показывает практика, использование стальной фермы как стержневой конструкции экономично по сравнению с балочной конструкцией, при равноценной несущей способности.

Однако опыт применения стержневых конструкций в производстве выявил и большую «чувствительность» этих конструкций к дефектам и повреждениям эксплуатационного характера, таким как местные прогибы, общие прогибы элементов и непроектные вырезы (рис. 1).

При этом на несущую способность влияние оказывает не только величина дефекта, но и характер работающего элемента конструкции — растяжение или сжатие. Следует признать, что наиболее опасными дефектами будут местные прогибы и общие выгибы именно для сжатых элементов стержневых конструкций.

Поясним это на следующем примере, рассматривая один и тот же элемент, работающий на сжатие, сначала без дефекта и после с дефектом.



Рисунок 1. Дефекты стальной стропильной фермы

Произведем расчет центрально сжатого элемента 1 (рис. 2). Усилие в стойке $N = 45.13$ кН, сечение элемента два — равнополочных уголка, расположенных в тавр, сечением 60х6, площадь сечения 13.84 см², расчетное сопротивление стали $R_c = 210$ МПа. По формуле

$$\frac{N}{A} \leq R_c \gamma_c. \quad (1)$$

Отсюда получим

$$\frac{541.13 \text{ кН}}{13.84 \text{ см}^2} = 33 \text{ МПа} < 210 \text{ МПа}.$$

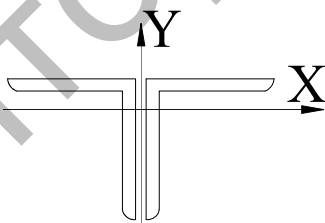


Рисунок 2. Расчетное сечение элемента 1

Произведем расчет того же центрально сжатого элемента 1 с дефектом. Усилие в стойке $N = 45.13$ кН, сечение элемента — два равнополочных уголка, расположенных в тавр, сечением 60х6, площадь сечения 13.84 см², расчетное сопротивление стали $R_c = 210$ МПа; E — модуль упругости, расчетная длина 206 см, величина выгиба из плоскости 30 см. Находим безразмерные относительные стрелки искривления по формулам:

$$U_0 = \frac{f_x}{l_0} \cdot \sqrt{\frac{E}{R_{y0}}}; \quad V_0 = \frac{f_y}{l_0} \cdot \sqrt{\frac{E}{R_{y0}}}.$$

Расчетную гибкость элемента вычислим по формуле $\lambda_x = \frac{l_0}{i_x} \cdot \sqrt{\frac{R_{y0}}{E}}$, где i_x — радиус инерции сечения.

Для найденных значений $\lambda_x = 30559 \cdot U_0 = 4.61 \cdot V_0 = 0$, по таблице 4 приложения 4 [1], $\varphi_{uv} = 0.240$. По формуле

$$\frac{N}{\varphi_{uv} A} \leq R_{y0} \quad (2)$$

получим

$$\frac{45.13kH}{0.240 \cdot 13.84cm^2} = 136 \text{ МПа} < 210 \text{ МПа.}$$

Очевидно, что дефект привел к снижению несущей способности сжатого элемента в 5 раз.

При расчете элемента с локальной прогибью расчет производится только на остаточное сечение, а прогиб заменяется непроектным вырезом соответствующего размера, т.е. площадь поврежденного участка в расчете не участвует.

Следует также отметить, что в настоящее время при проведении поверочных расчетов стержневых элементов, даже определив усилия в элементах конструкций программными комплексами «Лира», «Scad», расчет на дефекты приходится выполнять вручную, что достаточно затруднительно, особенно при наличии большого количества дефектных элементов конструкций.

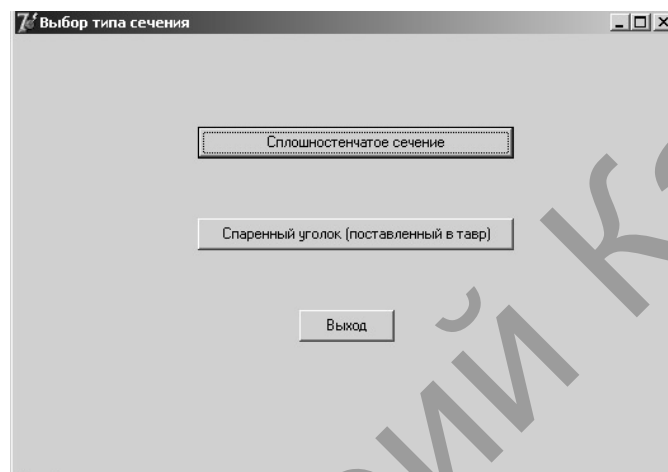


Рисунок 3. Меню выбора типа сечения

В связи с этим авторами была поставлена задача о разработке и реализации алгоритма расчета вышеописанных задач с помощью персонального компьютера. Алгоритм реализовывался на языке программирования Turbo Pascal 7.0 с последующим наложением графического интерфейса в среде программирования Delphi. Программа «Дефект-сталь» (рис. 3–5) учитывает тип элемента в конструкции фермы, вводя соответствующий коэффициент μ . Помимо расчета элементов ферм с помощью данной программы возможно производить расчет сплошнотенчатых элементов, имеющих искривление, местные прогибы и дефекты, непроектные вырезы [2–4].

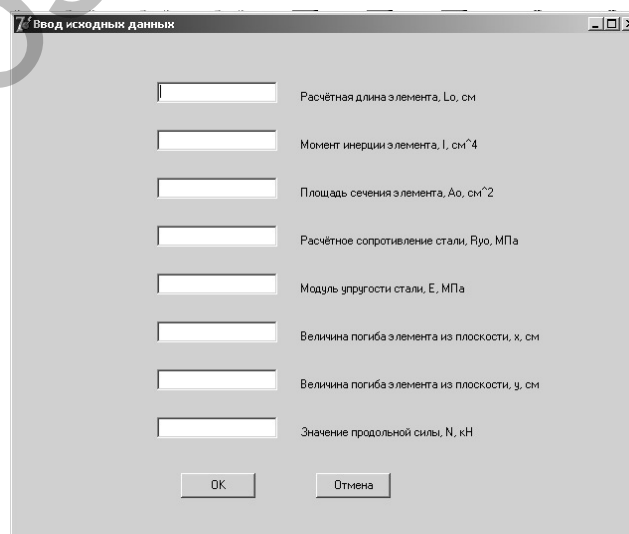


Рисунок 4. Меню ввода исходных параметров

Кроме того, следует отметить, что дефекты снижают не только несущую способность, но и жесткость элементов, меняют также напряженно деформированное состояние конструкции, перераспределяя усилия по объему стержневой конструкции. К сожалению, этот процесс перераспределения усилий остается при расчете на современных программных комплексах нереализованным ввиду отсутствия методики учета снижения жесткостей элементов из-за дефектов и повреждений. Авторами ставится следующая задача — разработать методики учета фактических жесткостей при наличии дефектов и повреждений в элементах стержневой конструкции и реализация ее на программном комплексе.



Рисунок 5. Меню вывода полученного результата

Другой стороной реализации данной методики может быть использование ее в расчетах на прогрессирующее обрушение и работа стальных стержневых конструкций в запредельной стадии при расчетах на живучесть конструкции.

Реализация указанных программы и методики будет полезна для инженеров, производящих расчеты реальных строительных объектов на несущую способность, учитывая имеющиеся дефекты и их реальные величины, что, в свою очередь, даст более полную картину о фактическом техническом состоянии здания или сооружения.

References

- 1 SNIP II-23-81*. Steel structurals.
- 2 Manual (SNIP II-23-81) Design and strengthening of steel structures.
- 3 *Belenja E.A.* Steel structurals. — М.: StroyIsdat, 1986. — 560 p.
- 4 *Rabinovich I.M.* Fundamentals of construction mechanics of bar systems. — М., 1960. — 520 p.

С.К.Әбілдин, Н.Ғ.Әбдірахманов, Н.А.Москаленко

Ортақ және локалды ақаулары бар конструкциялардың құрыш элементтерін автоматтандырылған есептеудегі алгоритмді құру

Мақала ортақ және локалды ақаулары бар конструкцияның құрыш элементтерін есептеуге, автоматтандыру проблемасына және жеке компьютерде жүзеге асыруға арналған алгоритмді құруға арналған. Конструкция элементтерін есептеуде ақауларды ескерумен салыстырмалы түрде зерттеу жүргізілген.

S.K.Abildin, N.H.Abdrahmanov, N.A.Moskalenko

Developing an algorithm of automated calculation of steel structural elements having a general and local damage

This article focuses on the problems of automating the calculation of steel structural elements that are common and locally, and develop an algorithm for implementation on a PC. Performed a comparative analysis of the structural elements of the calculation taking into account the defects and those without.