

Повторное деформирование тонкостенных металлических конструкций

И.В. Атавин^{1*}

¹ Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург,
Политехническая ул., 29

Информация о статье УДК 69

Аннотация

Легкие стальные тонкостенные конструкции широко применяются в строительстве. Повышение качества деталей позволяет внедрять новые формы профилей после испытаний и численных расчетов.

Ключевые слова: Легкая стальная тонкостенная конструкция, ЛСТК, строительные конструкции, строительная механика, балка, испытание

Содержание

1. Введение	77
2. Цель работы	77
3. Поставленные задачи	77
4. Описание установки	77

Контактный автор:

1*. +7(999)284-84-63, ilya_region51@mail.ru (Атавин Илья Вадимович, студент)

1. Введение

В данной работе экспериментальное исследование проводится с легкими стальными тонкостенными конструкциями (ЛСТК), изготовленными из стального проката толщиной до 4 мм.

Тонкостенные элементы могут иметь различную форму сечения, открытый и закрытый тип профилей, изготавливаться с перфорацией или без неё.

К преимуществам конструкций из тонкостенных элементов можно отнести:

- Быстровозводимость сооружений;
- Круглогодичность строительства;
- Экономичность при возведении конструкций (отсутствует необходимость применения тяжелой грузоподъемной техники).

Основоположником изучения тонкостенных стальных элементов считается Тимошенко С.П. Он изучал поведение двутавровой балки в условиях изгиба и кручения.

В научных работах Власов В.З. [1,2,3] ввел понятие стержень, представил полную теорию расчета элементов незамкнутого профиля на совместное воздействие изгиба и кручения, изучал вопросы устойчивости.

Автором работы [4] представлены основные теории расчета и моделирования тонкостенных конструкций с решением и разбором конкретных примеров. В работе [5] описаны технологии и направления, где можно применить данные тонкостенные элементы и конструкции.

В работах [6,7,8] рассмотрены вопросы устойчивости тонкостенных элементов открытого профиля, особенности расчета тонкостенных пространственных конструкций, представлена новая система для расчета тонкостенных металлических конструкций и рам "Сталькон", которая учитывает актуальные нормативные базы.

В работах [9,10] авторами изучено влияние конечных элементов на точность результатов при численном расчете тонкостенных конструкций на кручение и деформацию сдвига по полусдвиговой и бессдвиговой теориям.

Несмотря на развитие исследований, вопросы повторной деформации тонкостенных конструкций при изгибе рассмотрены не в полной мере.

2. Цель работы

Цель исследования - определение прочности и несущей способности соединения гребенчатого зацепа.

Целью моей диссертации - определение деформации и напряжений в тонкостенных балках составного профиля при испытании на изгиб, при повторном нагружении конструкции по условию начала пластического течения.

3. Поставленные задачи

- Испытание на изгиб образцов тонкостенных конструкций в лаборатории сопротивления материалов кафедры "Гидравлика и прочность" СПбПУ Петра Великого при первичном и повторном нагружении;
- Экспериментальное исследование вопросов потери устойчивости при изгибе исследуемых тонкостенных элементов;
- Определение для пары балок длиной 1500 мм. предельной нагрузки по условию пластичности (рис.1);
- Расчет напряжений и деформаций исследуемой конструкции в программно-вычислительных комплексах (Scad, Ansys).

4. Описание установки

Для проведения испытаний собрана установка. В состав конструкции входят швеллер №24, на котором базируются шарнирно-неподвижная и шарнирно-подвижная опоры. Между опорами закреплены две тонкостенные балки. Нагрузка к конструкции передается через полки, лежащие в пазах между балками.

Особенностью конструкции является наличие соединения в виде гребенчатого зацепа. Данное соединение (рис. 2) является соединением типа упругий шарнир, жесткость которого может существенным образом влиять как на прочность отдельных балок в составе конструкции, так и на устойчивость конструкции в целом. Данное исследование позволит определить его несущую способность и степень влияния соединения на результаты испытаний.



Рис. 1 Установка для проведения испытаний

Характеристики балки:
 Предел текучести $\sigma_T = 230$ МПа
 Толщина профиля – 1,5 мм
 Сечение профиля 70x30 мм
 Длина $L = 1,5$ м



Рис. 2. Крепление типа гребенчатый зацеп.

Профиль балки не является монолитным, но благодаря наличию зон контакта с трением, особенности контура, крепления торцов к зацепам позволяет считать поперечное сечение балки монолитным. Данное допущение подтверждают испытания балки, проведенные заводом-изготовителем.

Первым пунктом в программе испытания конструкции стало исследование соединения гребенчатого зацепа. Расчетная нагрузка, которую могут выдержать 6 крючков одной опоры, составила 3000 кг. Результаты, полученные в ходе эксперимента, подтвердили расчеты.

5. Расчет гребенчатого зацепа на прочность

$$\sigma = M/W_z \leq [\sigma]$$

Толщина крючка $b = 0,004$ м., высота крючка $h = 0,0234$ м

Материал – Ст. 3 $[\sigma] = 160$ МПа

Момент сопротивления:

$$W_z = \frac{bh^2}{6}$$

$$W_z = \frac{0,004 \cdot 0,0234^2}{6} = 3,65 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3$$

Изгибающий момент (М)

Нагрузка $P = 4,5$ кН, плечо силы $l = 0,01$ м

$$M = P \cdot l = 5 \cdot 0,01 = 0,05 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$\sigma = M/W_z = 0,05 / 3,65 \cdot 10^{-7} = 137 \text{ МПа} \leq 160 \text{ МПа}$$

6 крючков одной опоры выдерживают: $5 \cdot 6 = 30$ кН

$$\text{Касательные напряжения: } \tau = \frac{Q \cdot S_z}{I_z \cdot b(y)}$$

$Q = 4,5$ кН

$b(y) = 0.004$ м

$$S_z = A \cdot y_x = 0.004 \cdot 0.0234 \cdot 0.0117 = 1,09 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

$$I_z = \frac{bh^3}{12} = \frac{0.004 \cdot 0.0234^3}{12} = 4,27 \cdot 10^{-9} \text{ м}^4$$

$\tau = 31950$ кН/м²

Предел прочности стали на срез $[\tau] = 80000$ кН/м².

Таблица 1. Результаты испытаний гребенчатого зацепа опор.

Неподвижная опора		Подвижная опора	
Нагрузка, кН	Перемещение, мм	Нагрузка, кН	Перемещение, мм
5	0,27	5	0,21
10	0,52	10	0,32
14	0,76	14	0,43
18	1,06	18	0,64
24	2,16	24	1,36
30	2,85	30	1,78

6. Выводы и рекомендации

Было исследовано деформирование конструкции гребенчатого зацепа в упругой области деформирования. Гребенчатый зацеп не будет оказывать влияние на результаты будущих испытаний, обеспечивая достаточную несущую способность.

Следующим пунктом программы испытаний предполагается провести испытание конструкции нагруженной равномерно распределенной нагрузкой. Первоначальное значение равномерно распределенной нагрузки – 3кН/м. Прогиб конструкции при этом не должен превышать $L/200$. Напряжения, достигаемые в конструкции в ходе испытаний не должны превышать предела текучести.

Литература

- [1]. Бычков Д.В. Строительная механика стержневых тонкостенных конструкций - М.: Госстройиздат, 1962. - 476 с..
- [2]. Бычков Д.В. Расчет балочных и рамных стержневых систем из тонкостенных элементов.- М., 1948. 208 с.
- [3]. Власов В.З. Тонкостенные упругие стержни : (Прочность, устойчивость, колебания) / В.З. Власов .— Москва ; Ленинград : Государственное издательство строительной литературы, 1940.— 276 с.
- [4]. Рыбаков В.А., Основы строительной механики легких стальных тонкостенных конструкций: учеб. пособие - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 207 с.

References

- [1]. Bychkov D.V. Stroitel'naya mekhanika sterzhnevyykh tonkostennykh konstruksiy - M.: Gosstroyizdat, 1962. Pp. 476.
- [2]. Bychkov D.V. Raschet balochnyykh i ramnykh sterzhnevyykh sistem iz tonkostennykh elementov.- M., 1948. Pp. 208.
- [3]. Vlasov V.Z. Tonkostennyye uprugiyе sterzhni : (Prochnost, us- toychivost, kolebaniya) / V.Z. Vlasov .— Moskva ; Leningrad : Gosudar- stvennoye izdatel'stvo stroitel'noy literatury, 1940. Pp. 276.
- [4]. Rybakov V.A., Osnovy stroitel'noy mekhaniki legkikh stalnykh tonkostennykh konstruksiy: ucheb. posobiye - SPb.: Izd-vo Politekhn. un-ta, 2011. Pp. 207.

- [5]. Альхименко А.И., Ватин Н.И., Рыбаков В.А. Технология легких стальных тонкостенных конструкций. СПб: Изд-во СПбГПУ, 2008. 27 с.
- [6]. Туснин А.Р., Туснина О.А. Вычислительная система «Сталькон» для расчета и проектирования стержневых конструкций из тонкостенных стержней открытого профиля // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 8. С. 62-64.
- [7]. Туснин А.Р. Особенности численного расчета конструкций из тонкостенных стержней открытого профиля // Промышленное и гражданское строительство. 2010. № 11. С. 60-62.
- [8]. Туснин А.Р. Некоторые вопросы расчета тонкостенных стальных конструкций // Научное обозрение. 2015. № 11. С. 79-82.
- [9]. Лалин В.В., Рыбаков В.А. Конечные элементы для расчета ограждающих конструкций из тонкостенных профилей // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 8. С. 69-80.
- [10]. Лалин В.В., Рыбаков В.А., Морозов С.А. Исследование конечных элементов для расчета тонкостенных стержневых систем // Инженерно-строительный журнал. 2012. Т. 27. № 1. С. 53-73.
- [5]. Alkhimenko A.I., Vatin N.I., Rybakov V.A. Tekhnologiya legkikh stalnykh tonkostennykh konstruksiy. SPb: Izd-vo SPbGPU, 2008. Pp. 27.
- [6]. Tustin A.R., Tustina O.A. Vychislitel'naya sistema «Stalkon» dlya rascheta i proyektirovaniya sterzhnevyykh konstruksiy iz tonkostennykh sterzhney otkrytogo profilya // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo. 2012. № 8. Pp. 62-64.
- [7]. Tustin A.R. Osobennosti chislennogo rascheta konstruksiy iz tonkostennykh sterzhney otkrytogo profilya // Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo. 2010. № 11. Pp. 60-62.
- [8]. Tustin A.R. Nekotoryye voprosy rascheta tonkostennykh stalnykh konstruksiy // Nauchnoye obozreniye. 2015. № 11. Pp. 79-82.
- [9]. Lalin V.V., Rybakov V.A. Konechnyye elementy dlya rascheta ograzhdayushchikh konstruksiy iz tonkostennykh profiley // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2011. № 8. Pp. 69-80.
- [10]. Lalin V.V., Rybakov V.A., Morozov S.A. Issledovaniye konechnykh elementov dlya rascheta tonkostennykh sterzhnevyykh sistem // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2012. T. 27. № 1. Pp. 53-73.

Атавин И.В., Повторное деформирование тонкостенных металлических конструкций // Alfabuild. 2018. №1 (3). С. 76-81

Atavin I. Repeated deformation of the thin-walled metal structures. Alfabuild, 2018, 1 (3), Pp. 76-81(rus)

Repeated deformation of the thin-walled metal structures

I.V. Atavin^{2*}

¹ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia

Article info

thesis

Abstract

Light steel thin-walled structures are gaining great popularity in the construction industry. The development of metallurgy and the increase in the quality of the manufacture of parts provides engineers with the ability to invent and introduce new forms of profiles on the basis of numerical and full-scale tests.

Keywords:

structural mechanics, light steel thin-walled structure, cold-formed profile, finite-element method

Corresponding author:

1*. +7(999)284-84-63, ilya_region51@mail.ru (Atavin Ilya, Student)